



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS



ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN UTILITARIO DE
ADQUISICION DE DATOS PARA MOTORES ELÉCTRICOS
USANDO SOFTWARE LIBRE APLICADO AL LABORATORIO DE
INGENIERÍA ELECTRÓNICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL
PEDRO RUIZ GALLO**

TESIS

**PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO ELECTRÓNICO**

ELABORADO POR:

Br. Herrera Tenorio David Miguel

ASESOR DE TESIS:

Dr. Quispe Rojas Julio Ernesto

LAMBAYEQUE-PERÚ

2018



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS



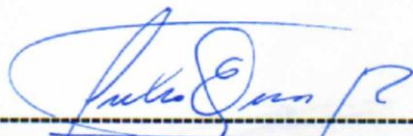
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA



**“DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN UTILITARIO DE
ADQUISICION DE DATOS PARA MOTORES ELÉCTRICOS
USANDO SOFTWARE LIBRE APLICADO AL LABORATORIO DE
INGENIERÍA ELECTRÓNICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL
PEDRO RUIZ GALLO.”**

**TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO ELECTRÓNICO.**


Br. Herrera Tenorio David Miguel
Tesisista.


Dr. Quispe Rojas Julio Ernesto
Asesor de tesis.



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS



ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**“DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN UTILITARIO DE
ADQUISICION DE DATOS PARA MOTORES ELÉCTRICOS
USANDO SOFTWARE LIBRE APLICADO AL LABORATORIO DE
INGENIERÍA ELECTRÓNICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL
PEDRO RUIZ GALLO.”**

**TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO ELECTRÓNICO.**

Aprobado por los miembros del jurado:

Ing. Manuel Javier Ramírez Castro
Presidente del Jurado

Ing. Carlos Leonardo Oblitas Vera.
Secretario del jurado

Mg. Ing. Oscar Ucchelly Romero Cortez.
Vocal del Jurado

AGRADECIMIENTO

A Dios por mostrarme el sendero correcto que recorreré hasta el final de mis días y que en el inicio de este me puso a prueba dándome humildad, respeto y amor hacia mis semejantes.

A mi madre Marleny Tenorio Castro que estuvo a mi lado todo el tiempo animándome y tolerando mis cambios de temperamento.

A mi padre Félix Ángel Herrera Venegas que a pesar de su carácter, tuvo la paciencia para apoyarme y darme soluciones.

A mi amigo Jesús Quesquén por su gran gesto de amistad en la etapa final del desarrollo.

A mis compañeros, por todas las vivencias compartidas en este camino a la excelencia.

A todas aquellas personas que creyeron en mí y en mis capacidades.

David Miguel Herrera Tenorio

DEDICATORIA

A Dios que estuvo presente en todos los momentos decisivos de mi vida guiándome y presentándome a las personas indicadas en el momento exacto cuando más las necesitaba.

A mis padres Marleny y Félix que me alentaron a seguir mis objetivos hasta el final a pesar de los grandes impedimentos que encontré a lo largo de mi camino.

A mis hermanas Rosaura Herrera y Mariana Herrera que me apoyaron de manera personal y profesional.

A mis tíos Miguel Venegas y Fabiola Tenorio por su participación activa y el tiempo que me otorgaron para ayudarme a cumplir mi meta.

Al Ing. Víctor Jara Sandoval que fue el primer docente que creyó en mis capacidades cuando ningún otro lo hizo, a pesar de que ya no se encuentra con nosotros sus palabras permanecen en mi mente.

Y mis amigos Piscoya Olivos y Jesús Quesquén por su amistad, consejos, ayuda y ejemplo me dieron las fuerzas necesarias para avanzar este último paso de mi carrera.

David Miguel Herrera Tenorio

PRESENTACION

En el presente trabajo de investigación se centra en el diseño y construcción de un utilitario de adquisición de datos para motores eléctricos de bajo costo que mejore la asimilación de los estudiantes en estos y más, no solo en máquinas eléctricas sino también en circuitos eléctricos.

En este sentido, es relevante mencionar que a pesar de que en el mercado ya existen tanto módulos de empresas especializadas y proyectos o tesis relacionadas, o son demasiados costosos de adquirir o el hardware o software no han tenido mucho desarrollo en ambas partes ya que en la literatura (antecedentes) se han encontrado una gran variedad de proyectos en el que se han desarrollado más software que hardware o al revés pero muy pocas veces ambos desarrollados al mismo nivel.

Por ello, el presente trabajo de investigación pretende contribuir una manera de obtener un módulo que los propios estudiantes guiados por los docentes puedan desarrollar de modo que mejoren la comprensión de los cursos de máquinas y eléctricos y a un bajo costo, para que puedan ser desarrollados muchos más y cubra la demanda de la cantidad de estudiantes ya que con un solo modulo o utilitario no sería suficiente.

Con el fin de conseguir el objetivo, del presente trabajo se ha estructurado en seis capítulos además de anexos y bibliografía.

En el capítulo 1, se presenta la situación problemática así como el objetivo de la tesis y los antecedentes de proyectos similares.

En el capítulo 2, se muestra los conceptos previos que hay que comprender para el presente trabajo, eso es el marco teórico.

En el capítulo 3, se compone del diseño propio que se desarrolló por bloques.

En el capítulo 4, comprende la construcción del utilitario como tal.

En el capítulo 5, corresponde a las pruebas realizadas con el utilitario.

En el capítulo 6, se presentan las conclusiones y recomendaciones.

Bibliografía.

Anexos.

RESUMEN

En el estudio de las carreras profesionales cuantas veces hemos aceptado conceptos, formulas y fenómenos escritos en los libros de texto tradicional y al querer comprobar estos resultado en el mundo real los alumnos se han visto limitados por la carencia de equipos especializados en el laboratorio que aborden y refuercen de una manera didáctica temas específicos de cursos de nuestra importancia y que debido a su alto costo no pueden ser adquiridos por cualquier institución o universidad.

Por lo que en el presente trabajo de tesis, el proceso de diseño y construcción de un utilitario de adquisición de datos para motores eléctricos usando software libre, se desarrolló con la finalidad de obtener un equipo de bajo coste con el que se pueda realizar pruebas tales como: motor con carga nominal, motor con sobrecarga, motor al vacío (sin carga nominal), análisis fasorial, frenado mediante resistencias de potencia, observar los cambios en magnitud y ángulo de las corrientes y voltajes y análisis de las señales trifásicas con mejoras futuras, todas estas aportaciones mejoraran la comprensión en los cursos de máquinas eléctricas y circuitos eléctricos.

El proceso de obtener los datos de voltaje y corriente del motor trifásico se realizó mediante una tarjeta electrónica que se conecta con el motor trifásico, esta tarjeta electrónica fue diseñada con el software Eagle y construida con exposición UV (luz ultravioleta), fue diseñada de tal manera de que aislara los puntos de referencia.

El dimensionado de los motores se realizó mediante la relación obtenida por ensayo y error y se obtuvo que el motor trifásico debería ser de una potencia de 0.5 hp y el DC de 2 hp.

Para el control de la cantidad de corriente con consumiría el motor dc se utilizó modulación por ancho de pulso mediante un microcontrolador de 8 bits, aislado de la parte de potencia mediante un optocoplador que se conecta en paralelo a un switch de potencia.

Toda esta corriente necesita ser disipada en forma de calor mediante resistencias que también fueron calculadas.

Concluyendo con lo anteriormente explicado, la tarjeta de adquisición de datos mostrara las tensiones trifásicas, corrientes del motor trifásico y valores derivados de ambos en computador mediante el puerto USB y al realizar variaciones de carga en el eje de este, los valores de corriente cambiaran según sea el porcentaje variado en el PWM.

ABSTRACT

In the study of professional careers, how many times we have accepted concepts, formulas and phenomena written in traditional textbooks and when we wish to check these results in the real world, the students have been limited by the lack of specialized equipment in the laboratory that face and reinforce in a didactic way specific subjects of courses of our importance and that due to their high cost cannot be acquired by any institution or university.

Therefore, in the present thesis work, the design and construction process of a data acquisition utility for electric motors using free software, it was developed in order to obtain a low cost equipment with which to perform tests such as : motor with rated load, motor with overload, motor with vacuum (without nominal load), phasor analysis, braking by power resistances, observe changes in magnitude and angle of currents and voltages and even more tests and analysis of three-phase signals with future improvements, all these contributions will improve understanding in the courses of electrical machines and electrical circuits.

The process of obtaining the voltage and current data of the three-phase motor was made using an electronic board that is connected to the three-phase motor, this electronic board was designed with Eagle software and built with UV exposure, was designed in such a way that could isolating the reference points.

The dimensioning of the motors was performed by the ratio obtained by trial and error and it was obtained that the three-phase motor should be of a power of 0.5 hp and the DC of 2 hp.

To control the amount of current consumed by the DC motor, pulse width modulation was used by an 8-bit microcontroller, isolated from the power part by an optocoupler that is connected in parallel to a power switch. All this current needs to be dissipated in the form of heat by means of resistances which were also calculated.

Concluding with the above explained, the data acquisition card will show the three-phase voltages, three-phase motor currents and values derived from both on the computer via the USB port and when performing load variations on the axis of this, the current values will change according to the variable percentage in the PWM.

INDICE GENERAL

CAPITULO 1

1. ASPECTOS DE LA INVESTIGACION.....	18
1.1 SITUACION PROBLEMÁTICA	19
1.2 PROBLEMA	19
1.3 HIPOTESIS	19
1.4 OBJETIVO DE LA TESIS.....	20
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	20
1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	20
1.5 ANTECEDENTES.....	20
1.5.1 MODULOS DE ADQUISICION DE DATOS EN EL MUNDO.....	20
1.5.2 MODULOS UTILITARIOS DE ADQUISICION DE DATOS EN EL PERU	25

CAPITULO 2

2. MARCO TEORICO.....	29
2.1 SISTEMA DE ADQUISICION DE DATOS	30
2.1.1 SENSORES Y TRANSDUCTORES	32
2.1.1.1 ACONDICIONAMIENTO DE SEÑAL.....	39
2.1.2 ELEMENTOS BASICOS PARA LA ADQUISICION DE DATOS	46
2.1.2.1 HARDWARE DE ADQUISICION DE DATOS.....	47
2.1.2.2 SOFTWARE DE ADQUISICION DE DATOS	54
2.2 TIPOS DE MOTORES ELECTRICOS	56
2.2.1 MOTORES ELECTRICOS DE CORRIENTE ALTERNA	60
2.2.2 MOTORES ELECTRICOS DE CORRIENTE DIRECTA.....	65
2.3 ACOPLES MECANICOS PARA EJES DE MOTORES.....	67
2.3.1 ACOPLAMIENTOS RIGIDOS CON BRIDA.....	70
2.3.2 ACOPLAMIENTOS RIGIDOS CON MANGUITO PARTIDO	71
2.4 COMPONENTES ELECTRONICOS DE POTENCIA PARA LA CONMUTACION....	72
2.5 FRENADO DE MOTORES ELECTRICOS.....	74

CAPITULO 3

3. DISEÑO DEL UTILITARIO	76
3.1 DIAGRAMA GENERAL DEL UTILITARIO	77
3.2 BLOQUE DE ADQUISICION Y ENVIO DE DATOS.....	84
3.3 AREA DE MAQUINAS ACOPLADAS Y RPM	89
3.4 SECCION DE CONTROL POR ANCHO DE PULSO.....	94
3.5 ELEMENTO DE CONMUTACION DE POTENCIA	98
3.6 CONPONENTE DE DISIPACION DE POTENCIA	102

CAPITULO 4

4. CONSTRUCCION DEL UTILITARIO	106
4.1 ARMAZON METALICO Y CAJONES DESMONTABLES	107
4.2 PLACAS ELECTRONICAS	110
4.3 AREA DE MAQUINAS	119
4.4 ELEMENTOS DE CONMUTACION	123
4.5 ELEMENTOS DE DISIPACION DE POTENCIA	127

CAPITULO 5

5. PRUEBAS DEL UTILITARIO	132
5.1 PRUEBAS EN HARDWARE	133
5.1.1 PRUEBA DEL MOTOR TRIFASICO SIN CARGA NOMINAL O AL VACIO	134
5.1.2 PRUEBA DEL MOTOR TRIFASICO CON CARGA NOMINAL	138
5.1.2 PRUEBA DEL MOTOR TRIFASICO CON SOBRECARGA	139
5.2 PRUEBAS EN SOFTWARE.....	145
5.2.1 DATOS CON MOTOR AL VACIO	145
5.2.2 DATOS CON MOTOR A CARGA NOMINAL	148
5.2.3 DATOS CON MOTOR A SOBRECARGA.....	150

CAPITULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	152
6.1 CONCLUSIONES	153
6.2 RECOMENDACIONES	155
6.3 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	156

ANEXOS

VARIACIONES DEL SENSOR FOTOELECTRICO	158
A.1 DETECCIÓN POR BARRERA O HAZ TRANSMITIDO	158
A.2 DETECCIÓN RETRO REFLEXIVA POLARIZADO	158
A.3 DETECCIÓN DIFUSA CON SUPRESIÓN DE FONDO.....	159
TECNOLOGIAS DE AISLAMIENTO	161
B.1 AISLAMIENTO CAPACITIVO	161
B.2 AISLAMIENTO MAGNÉTICO	161
CONSTRUCCION DE PARTES ELECTRONICAS.....	164
C.1 PLACAS ELECTRÓNICAS FOTOS EXTRAS DE LA CONSTRUCCIÓN Y ACABADO	164

LISTA DE ILUSTRACIONES Y TABLAS

FIGURA 1 Modulo de entrenamiento electromecánico de Festo con un sistema de adquisición de datos.....	21
FIGURA 2 Paquete para la adquisición de datos producido por la empresa TERCO	22
FIGURA 3 Sistema de entrenamiento con 28 módulos y con una tarjeta de adquisición.	23
FIGURA 4 Modulo de adquisición de datos del grupo ALECOP.....	24
FIGURA 5 Equipo de adquisición de la empresa LUCAS-NULLE	24
FIGURA 6 Sistema de automatización de ensayos completo y listo para funcionar elaborado por el bachiller Julio Diego Rodríguez Reátegui	26
FIGURA 7 Interfaz de usuario desarrollada en LabVIEW por el bachiller Julio Diego Rodríguez Reátegui.	26
FIGURA 8 Tarjeta de procesamiento de datos y de entradas y salidas diseñadas por el bachiller Franco Mario Rabines Lara.	28
FIGURA 9 Tarjeta de adquisición de datos diseñada por el bachiller Franco Mario Rabines Lara.	28
FIGURA 10 Arquitectura general del proceso de adquisición de datos	31
FIGURA 11 Sensor fotoeléctrico tipo difuso normal utilizado en la presente tesis	35
FIGURA 12 Estructura interna del sensor fotoeléctrico tipo difuso normal	36
FIGURA 13 Resistencia shunt de la empresa TT Electronics.....	37
FIGURA 14 Divisor de tensión transductor tipo resistivo	38
FIGURA 15 Ruido ingresado por el proceso de amplificación de la señal.....	40
FIGURA 16 Separación de puntos de referencia para evitar ruidos provenientes de la señal de entrada	42
FIGURA 17 Amplificador de aislamiento óptico.	43
FIGURA 18 Función de un filtro anti-aliasis.....	44
FIGURA 19 Banda eliminada de filtro pasa bajo.	45
FIGURA 20 Respuestas en un diagrama de Bode de diferentes tipos de filtros.....	45
FIGURA 21 Espectro de señal de salida de un filtro pasivo pasa bajos RC	46
FIGURA 22 Hardware de adquisición aspectos básicos.	47
FIGURA 23 Diferentes tipos de buses para la adquisición de datos.	49
FIGURA 24 Estructura básica de un Microprocesador	50
FIGURA 25 Microcontrolador de la empresa Microchip.....	52
FIGURA 26 Microcontroladores Atmel.....	53
FIGURA 27 Entornos de Desarrollo Integrado.....	54
FIGURA 28 Interfaz desarrollada en Processing.	55
FIGURA 29 Motores eléctricos en diferentes sectores.	56
FIGURA 30 Motor eléctrico de corriente alterna	57
FIGURA 31 Campo magnético producido en un conductor energizado	58
FIGURA 32 Bobina o selenoide con campo magnético creado por el flujo de corriente.....	58

FIGURA 33 Bobina o selenoide con campo magnético creado por el flujo de corriente.....	58
FIGURA 34 Tipos de anclaje para motores trifásicos	60
FIGURA 35 Arreglo de bobina internas motor trifásico.....	61
FIGURA 36 Ranuras del estator con bobinas conectadas a las borneras	62
FIGURA 37 Representación gráfica de las bobinas del estator una vez que estas han sido conectadas en serie entre ellas, quedando solo tres fases.	62
FIGURA 38 Partes de un motor trifásico	63
FIGURA 39 Tipos de potencias y pérdidas en un motor trifásico	64
FIGURA 40 Partes de un motor de corriente directa	65
FIGURA 41 Motor de corriente directa de imán permanente.....	66
FIGURA 42 Acople mecánico para motor eléctrico	67
FIGURA 43 Partes de un acople mecánico	68
FIGURA 44 Desalineaciones típicas en acoples mecánicos	69
FIGURA 45 Acoplamiento rígido con brida	70
FIGURA 46 Acoplamiento rígido tipo mango partido.....	71
FIGURA 47 Curvas características de estado estable de un MOSFET	73
FIGURA 48 Frenos de motores eléctricos	74
FIGURA 49 Tipos de resistencias de frenado.....	75
FIGURA 50 Diagrama general del utilitario de adquisición de datos	80
FIGURA 51 Proceso de diseño en 3D del utilitario	82
FIGURA 52 Estructura metálica final del utilitario.....	83
FIGURA 53 Configuración diferencial para señal de salida.....	86
FIGURA 54 Fuente y circuito de adaptación sensor RPM.....	87
FIGURA 55 Diseño para resistencia Shunt.....	88
FIGURA 56 Vista lateral motor trifásico en 3D.....	90
FIGURA 57 Representación 3D del motor PMDC	90
FIGURA 58 Vista frontal de la rueda plástica con una ranura para medir los RPM.....	91
FIGURA 59 Vista frontal del sensor RPM	92
FIGURA 60 Vista frontal de los acoples mecánicos	92
FIGURA 61 Vista superior motores acoplados	93
FIGURA 62 Prototipo de circuito para PWM.....	95
FIGURA 63 Microcontrolador atmega.....	96
FIGURA 64 Circuito Controlador de Consumo de carga	97
FIGURA 65 Disipador de aluminio	99
FIGURA 66 Esquemático final de los elementos de conmutación de potencia	100
FIGURA 67 Diseño final de los mosfet acoplados	101
FIGURA 68 Medición de voltaje Thévenin a circuito abierto.....	103
FIGURA 69 Métodos alternos Thévenin	104
FIGURA 70 Corriente Corto Circuito.....	104

FIGURA 71 Vista Lateral estructura	107
FIGURA 72 Vista Frontal Estructura	108
FIGURA 73 Estructura ya terminada	109
FIGURA 74 Vista Final de la estructura	109
FIGURA 75 Positivo de del diseño	111
FIGURA 76 Placa final tipo A3.....	111
FIGURA 77	112
FIGURA 78	112
FIGURA 79	112
FIGURA 80 Placa revelada.....	113
FIGURA 81 Placa final ángulo frontal	114
FIGURA 82 Placa final ángulo lateral	114
FIGURA 83 Fuente lineal final	115
FIGURA 84 Tarjeta de control	116
FIGURA 85	116
FIGURA 86 Modulo de control de carga con la tarjeta PWM ya instalada.....	117
FIGURA 87 Vista superior tarjeta de adquisición ya instalada.....	118
FIGURA 88 Vista frontal tarjeta de adquisición de datos	118
FIGURA 89 Máquinas y la base de madera	120
FIGURA 90 Motor DC con el obstáculo acoplado a su eje	120
FIGURA 91 Base de madera ya pintada y con marcas para la ubicación de los elementos .	121
FIGURA 92 Motor trifásico con taco de madera	121
FIGURA 93 Motor dc vista lateral	122
FIGURA 94 Área de máquinas ya ensambladas y funcionando	122
FIGURA 95 Disipadores de calor.....	124
FIGURA 96 Mosfets colocados en uno de los disipadores	124
FIGURA 97 Soldadura con aluminio para juntar los tres disipadores	125
FIGURA 98 Modulo de conmutación ya terminado.....	126
FIGURA 99 Resistencias utilizadas	128
FIGURA 100 Cableado interno	128
FIGURA 101 Conexionado en paralelo	129
FIGURA 102 Toma final de las resistencias	129
FIGURA 103 Elementos de prueba uno	134
FIGURA 104 LCD parte del PWM	134
FIGURA 105 Resultado sin carga.....	135
FIGURA 106 Tarjeta de adquisición	135
FIGURA 107 Desfasaje de corriente y tensión	136
FIGURA 108 Corriente amplitud.....	136
FIGURA 109	137

FIGURA 110	137
FIGURA 111 Porcentaje LCD	138
FIGURA 112 Multímetro resultado segunda prueba	138
FIGURA 113 Tercera prueba.....	139
FIGURA 114	139
FIGURA 115 Corriente sobrecarga.....	139
FIGURA 116 Pruebas con resistencia	140
FIGURA 117 Señal de salida.....	140
FIGURA 118 Forma de onda	141
FIGURA 119	141
FIGURA 120	142
FIGURA 121	142
FIGURA 122	143
FIGURA 123	143
FIGURA 124	144
FIGURA 125	144
FIGURA 126	145
FIGURA 127	148

INTRODUCCIÓN

En la docencia universitaria el cómo enseñar ha sido una preocupación constante de todos los docentes de ciencias e ingeniería y en base a su experiencia, trayectoria y experiencias de otros docentes solucionan problemas relacionados a metodologías de enseñanza pero, cuando se trata de hacer las demostraciones prácticas o la ejecución por parte de los alumnos se convierte en una tarea de difícil solución sin los elementos de apoyo correctos, por lo que los alumnos presentan dificultades para **utilizar y transferir los temas a situaciones reales**, este último afianza el conocimiento adquirido otorgándoles a los alumnos una visión más amplia al corroborar los datos teóricos con los prácticos, pero desafortunadamente es necesario equipos e instrumentos donde se pueda practicar y desarrollar los temas de mayor importancia abordados en clase y estos **tiene un costo muy elevado** que no todas las instituciones pueden afrontar ante esta problemática surge el objetivo de este proyecto que es diseñar y construir un utilitario para la adquisición de datos de motores eléctricos de bajo coste usando software libre, con la finalidad de afianzar los conocimientos adquiridos en los cursos de máquinas eléctricas y circuitos eléctricos al desarrollar estos de una manera más didáctica, mejorando las competencias de los alumnos.

CAPÍTULO 1

ASPECTOS DE LA INVESTIGACION

1.1 SITUACION PROBLEMÁTICA

Al final de un curso en específico los estudiantes tienen que haber obtenido una base sólida de conocimientos y destrezas que forman parte con las clases teóricas, habilidades (práctica) y las actitudes de la persona (comportamiento), para que pueda avanzar en los demás cursos relacionados, por lo que en la parte de los conocimientos en base a los libros, clases y todas las actividades asignadas en la hora de clase, el estudiante consolida su entendimiento, pero sin embargo en la parte práctica, habilidades manuales, conexiones y pruebas no se puede realizar correctamente debido a la obtención de equipos ya que el costo de estos es elevado.

Por lo que un módulo didáctico o utilitario que provea un conjunto de pruebas y que represente estos datos en un entorno amigable, mejorara la comprensión de los temas abordados.

El utilitario anteriormente referido tendrá uso en temas de los cursos como: maquinas eléctricas y circuitos eléctricos, la enseñanza de estos cursos está direccionada solo a simulaciones de sistemas mediante el ordenador y prácticas estándar para el tema que se aborda que no consolidan la comprensión de conceptos de una manera clara, por lo que el utilitario permitirá acercar a los estudiantes y/o a los participantes a la realidad de estos fenómenos, otorgándoles un significado de lo aprendido complementando así las técnicas y teorías impartidas en la materia, así como disminuyendo el tiempo de aprendizaje.

1.2 PROBLEMA

¿Cómo realizar pruebas y mediciones básicas de un motor eléctrico y que se representen estos datos en una plataforma de desarrollo libre?

1.3 HIPOTESIS

Si se diseña y construye un utilitario para la adquisición de datos de motores eléctricos con mediciones precisas y que represente estos datos en un software libre entonces será posible desarrollar una mejor comprensión de los alumnos para el manejo de motores eléctricos (maquinas eléctricas) y circuitos eléctricos.

1.4 OBJETIVO DE LA TESIS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar y construir un Utilitario de adquisición de datos de bajo costo para pruebas básicas de Motores Eléctricos usando software libre, que incremente la comprensión de los alumnos en las materias de máquinas eléctricas y circuitos eléctricos.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Estudiar los principios de adquisición de datos aplicados en motores eléctricos trifásicos y aprender el funcionamiento de los mismos y de los motores de corriente directa.
- Investigar los principios básicos de microcontroladores a fin de determinar cuál de estos es el que mejor se adapta a la adquisición y envío de la señal de corriente alterna.
- Diseñar el utilitario y en base a este construir las partes mecánicas, el soporte para los motores y las tarjetas de circuito impreso.
- Efectuar pruebas tales como al vacío, carga nominal y sobrecarga, que permitan corroborar y asimilar información teórica obtenida por el estudiante de una forma más didáctica. .

1.5 ANTECEDENTES

1.5.1 MODULOS DE ADQUISICION DE DATOS EN EL MUNDO

Se realizara una breve de descripción de tres empresas a nivel mundial especializadas en ofrecer soluciones dedicadas a la adquisición de datos y control de máquinas eléctricas para fines educativos, así como también se mencionara otras en el mismo rubro de menor envergadura.

FESTO DIDACTIC: Es una división educativa del grupo Festo de nacionalidad Alemana, centrada en soluciones para la formación técnica en el ámbito de la automatización industrial y procesos, esta área de la empresa por si misma tiene un gran número de equipamientos y módulos educativos para la mejora del estudiante, pero a partir del año 2014 realizo una fusión corporativa adquiriendo la empresa Lab-Volt es la principal desarrolladora de un **sistema de adquisición de datos y control de interfaz avanzado en sistemas eléctricos de potencia y electrónica de potencia** (Fig. 1).



FIGURA 1 Módulo de entrenamiento electromecánico de Festo con un sistema de adquisición de datos.

TERCO: Fundada en 1963 y actualmente es uno de los mayores productores y proveedores de equipamiento para educación en el área de ingeniería, sus equipos cubren diferentes tipos de niveles tanto como para principiantes como cursos para graduados y especializaciones en escuelas técnicas, universidades, organizaciones privadas y centros de entrenamiento industrial alrededor del mundo.

Sus productos están ubicados en más de 60 países alrededor del mundo y estos son conocidos por su alta calidad y durabilidad que exige las demandas técnicas de la industria actual, trabajan en cooperación con ABB, un líder en ingeniería eléctrica.

Actualmente en su línea de productos cuenta con un **paquete de adquisición de datos que provee lo esencial para implementar un laboratorio de máquinas eléctricas** (Fig. 2), con diferentes tipos de accesorios, mediciones precisas como de torque, corriente directa, tensión alterna, análisis de parámetros AC y sobre todo equipadas con el protocolo de comunicación industrial estándar Modbus.



FIGURA 2 Paquete para la adquisición de datos producido por la empresa TERCO

K&H (Taiwán): Uno de los líderes de fabricación en el mercado educativo con una amplia variedad de productos como instrumentos electrónicos, eléctricos, mecánicos y equipos de formación, fundada en 1979 en Taipéi, Taiwán dedicando sus esfuerzos al desarrollo de productos educativos con un mercado tal como universidades, institutos, escuelas técnicas, colegios militares, centros de entrenamiento vocacional, centros de investigación y educación cooperativa, **dentro de su amplia gama de productos poseen un sistema de adquisición de datos y control de máquinas eléctricas** (Fig. 3) que ayuda a los estudiantes a distinguir las similitudes mecánicas y diferencias de las máquinas eléctricas, donde los estudiantes pueden llevar toda clase de máquinas eléctricas a modelos de circuitos mejorando las habilidades y facilitando el aprendizaje.



FIGURA 3 Sistema de entrenamiento con 28 módulos y con una tarjeta de adquisición.

Haremos mención de otras dos compañías con módulos similares:

ALECOP GROUP: Compañía española líder en equipos didáctico en su país, con su propio módulo de adquisición de datos y pruebas para motores (Fig. 4).

LUCAS-NÜLLE: Con más de 40 años de experiencia en desarrollo de sistemas de entrenamiento sofisticados y de alta calidad en diferentes áreas como eléctricas de potencia, instrumentación, entre otras. Cuenta con equipo de análisis y adquisición de datos para máquinas eléctricas y electrónica de potencia (Fig. 5).

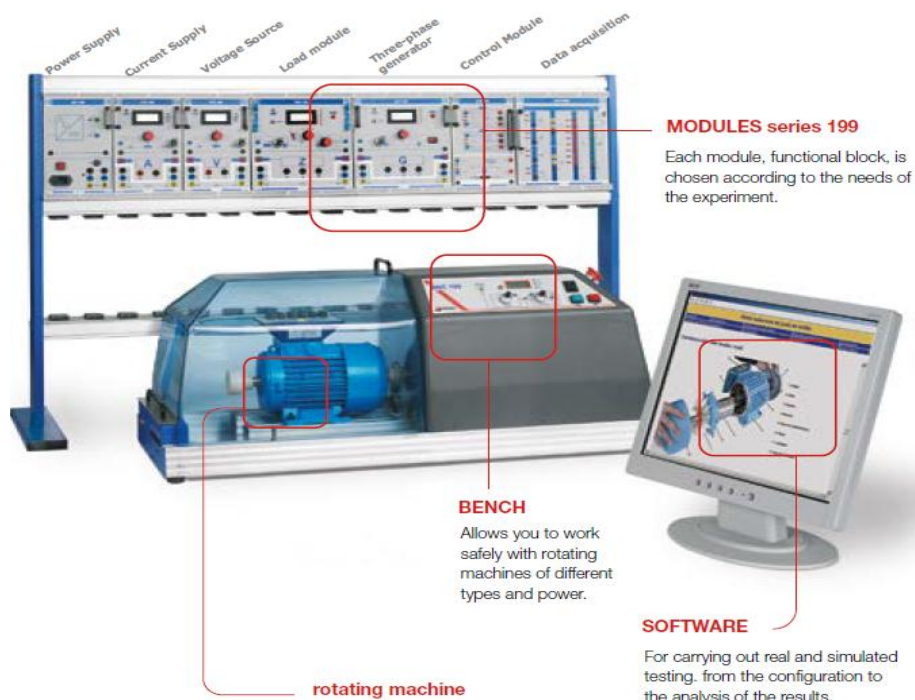


FIGURA 4 Modulo de adquisición de datos del grupo ALECOP



FIGURA 5 Equipo de adquisición de la empresa LUCAS-NULLE

1.5.2 MODULOS UTILITARIOS DE ADQUISICION DE DATOS EN EL PERU

En nuestro país se han desarrollado módulos de adquisición para motores, pero a menor nivel por diferentes factores como económicos, asesoramiento especializado en la parte de diseño, disponibilidad de materiales, poco desarrollo el sector de tecnología y la producción de esta y aunque existen empresas que desarrollan módulos de enseñanza estos son solo ensamblados con equipos y tarjetas electrónicas construidas por empresas extranjeras, así que se mostraran dos tesis en la que si hubo diseño y construcción en la parte electrónica, existen más tesis relacionadas pero estas son las que contiene más afinidad ya que en las otras tesis encontradas las tarjetas electrónicas son importadas y no construidas por los propios tesisas.

➤ **PONTIFICA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU** **Facultad de Ciencias e Ingeniería**

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN DE ENSAYOS CARACTERÍSTICOS DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS ASÍNCRONAS:

**Diseño e Implementación de un Instrumento Virtual para el
Análisis de los -Resultados de los Ensayos Característicos de un
Motor Asíncrono Trifásico en Entorno LabVIEW**

Realizado por el bachiller en ingeniera electrónica:
Julio Diego Rodríguez Reátegui
Lima, enero del 2013

El objetivo de la tesis es la utilización de un entorno de desarrollo creado por la empresa National Instruments, llamado LabVIEW. En dicho entorno, se diseñará e implementará un instrumento virtual, cuyo propósito es el de ser usado para el análisis de resultados obtenidos de los ensayos característicos realizados a un motor asíncrono trifásico. Para ello, el instrumento virtual deberá ser capaz de establecer una comunicación con un hardware externo encargado de llevar a cabo dichos ensayos de forma automática. Dicha comunicación enlazará al instrumento virtual con una tarjeta de adquisición de datos, donde el usuario del instrumento, ingresara datos de placa y parámetros de ensayo pertinentes, para que estos sean enviados al resto del sistema para la correcta realización de los ensayos. Así mismo, el instrumento virtual debe ser capaz de usar esta comunicación para recibir valores correspondientes a los resultados de los ensayos realizados en dicha máquina eléctrica, provenientes de la tarjeta de adquisición de datos mencionada.

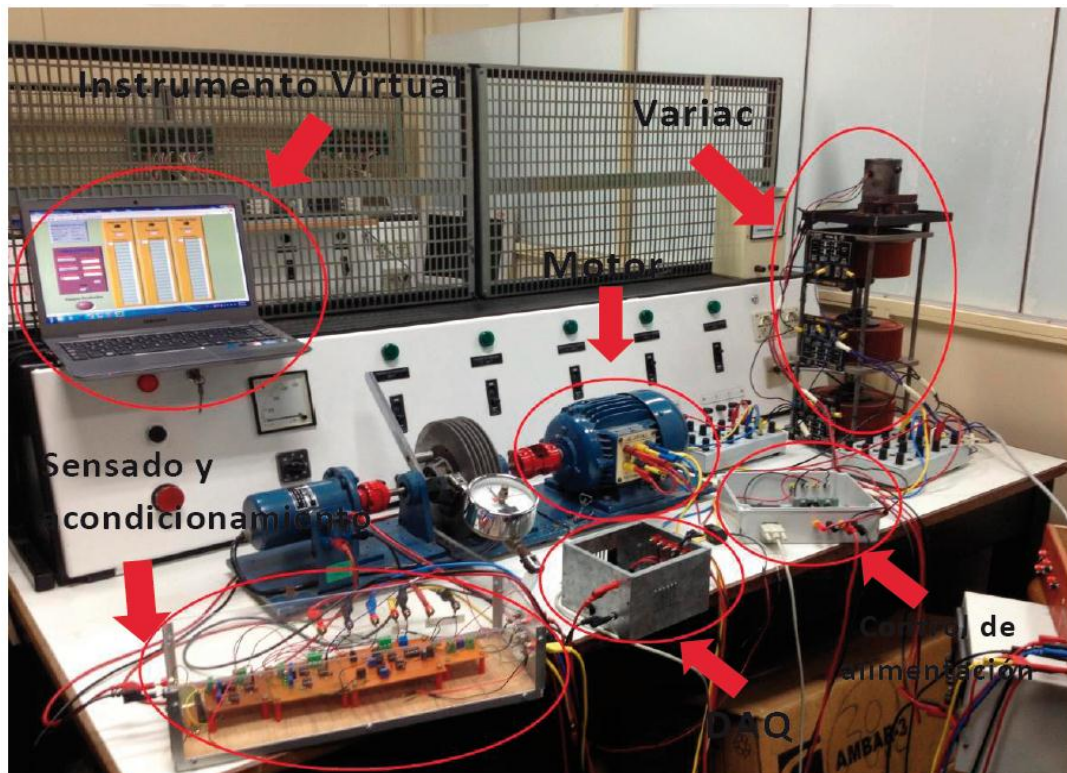


FIGURA 6 Sistema de automatización de ensayos completo y listo para funcionar elaborado por el bachiller Julio Diego Rodríguez Reátegui

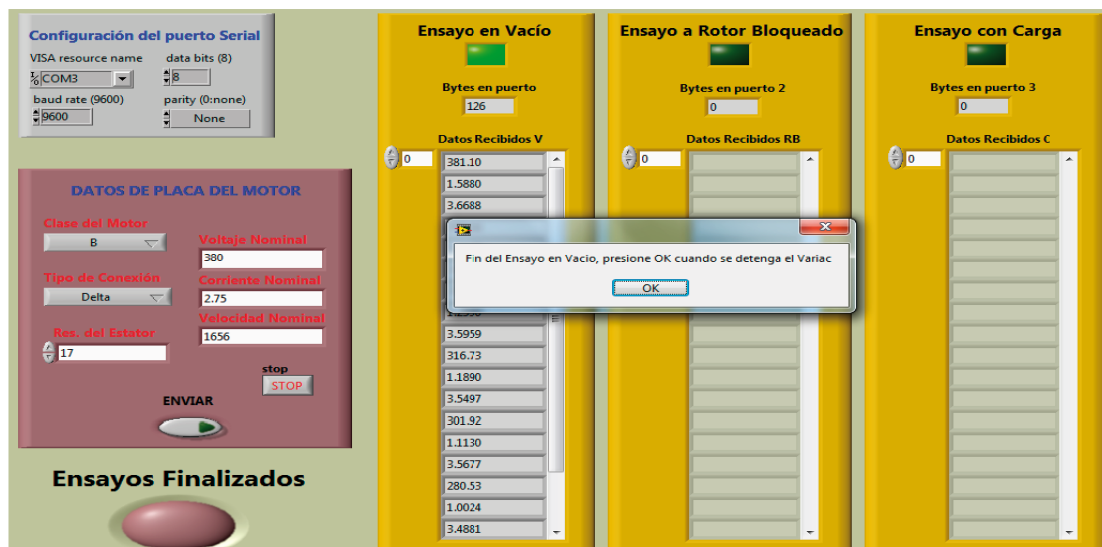


FIGURA 7 Interfaz de usuario desarrollada en LabVIEW por el bachiller Julio Diego Rodríguez Reátegui.

➤ **PONTIFICA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU**
Facultad de Ciencias e Ingeniería

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE
MONITOREO DE PARAMETROS FISICOS Y ELECTRICOS
DE GRUPOS ELECTROGENOS**

Realizado por el bachiller en ingeniera electrónica:

Franco Mario Rabines Lara

Lima-Perú 2006

El tema del estudio de esta tesis se enfoca en el monitoreo de las señales eléctricas como lo son la potencia, el voltaje y la corriente así como los parámetros físicos de temperatura, presión de aceite entre otros, por medio de microcontroladores y circuitos integrados de bajo costo. Se ha planteado una solución con dos módulos del tipo maestro-esclavo.

El módulo esclavo está conectado directamente al grupo electrógeno, mientras que el módulo maestro se encuentra en un tablero remoto conectado al módulo esclavo por medio de un bus RS-485. El sistema permite acceder a esta información en forma de reporte histórico en una computadora remota o en vivo en el mismo panel de mando donde se encuentra el grupo electrógeno por medio de un visualizador local.

El objetivo del estudio es el de poseer un sistema de monitoreo local y de alerta temprana ante fallas del grupo electrógeno teniendo un registro del funcionamiento histórico del grupo para poder realizar un mantenimiento preventivo basándose en la información de dichos registros.

Esta solución se pretende dar con el diseño de un sistema de monitoreo a distancia de grupos electrógenos, el cual se piensa implementar en algunos de los grupos electrógenos que posee la empresa Crosland Técnica S.A. quien tiene la gentileza de apoyar material y financieramente a esta investigación.

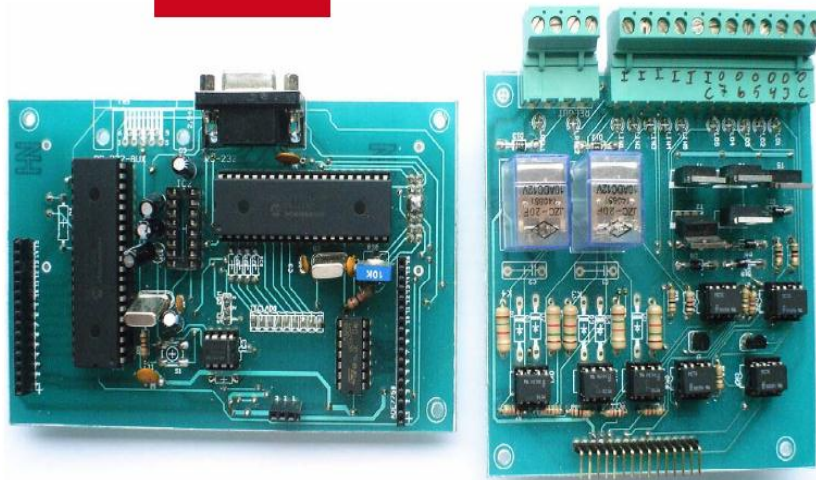


FIGURA 8 Tarjeta de procesamiento de datos y de entradas y salidas diseñadas por el bachiller Franco Mario Rabines Lara.

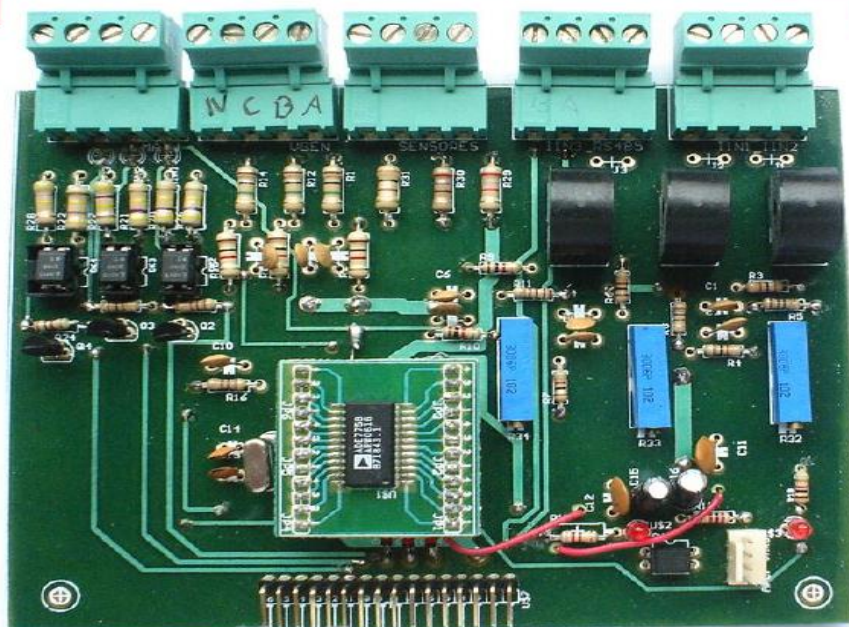


FIGURA 9 Tarjeta de adquisición de datos diseñada por el bachiller Franco Mario Rabines Lara.

CAPITULO 2

MARCO TEORICO

MARCO TEORICO

2.1 SISTEMA DE ADQUISICION DE DATOS

DAQ (Data Acquisition o Adquisición de Datos) está definido como el proceso de tomar señales del mundo real como entrada, tales como voltaje corriente o cualquier entrada eléctrica, en la computadora, para luego realizar el procesamiento, análisis de los datos obtenidos, almacenamiento, manipulación de datos y acondicionamiento. Un fenómeno físico representa la señal del mundo real del cual estamos tratando de medir. Actualmente el uso de computadoras personales con ISA, EISA, PCI, PCMCIA, FireWire, Paralelo, Serial y USB bus son alternativas muy ampliamente usadas para adquisición de datos en laboratorio, investigación, test y medición, aplicaciones de automatización industrial. Muchas aplicaciones usan placas como extensión para adquirir datos transferirlos directamente a la memoria de las computadoras. Sin embargo, muchas de las señales de los sensores y transductores del mundo real deben ser acondicionadas antes de ingresar a la DAQ. Este pre procesado antes de ingresar a la tarjeta de adquisición de datos, incluye funciones como amplificación de la señal, filtrado, aislamiento eléctrico, y multiplicación, muchos otros transductores requieren corriente de excitación o voltaje, linearizacion y amplificación para una apropiada y precisa operación.

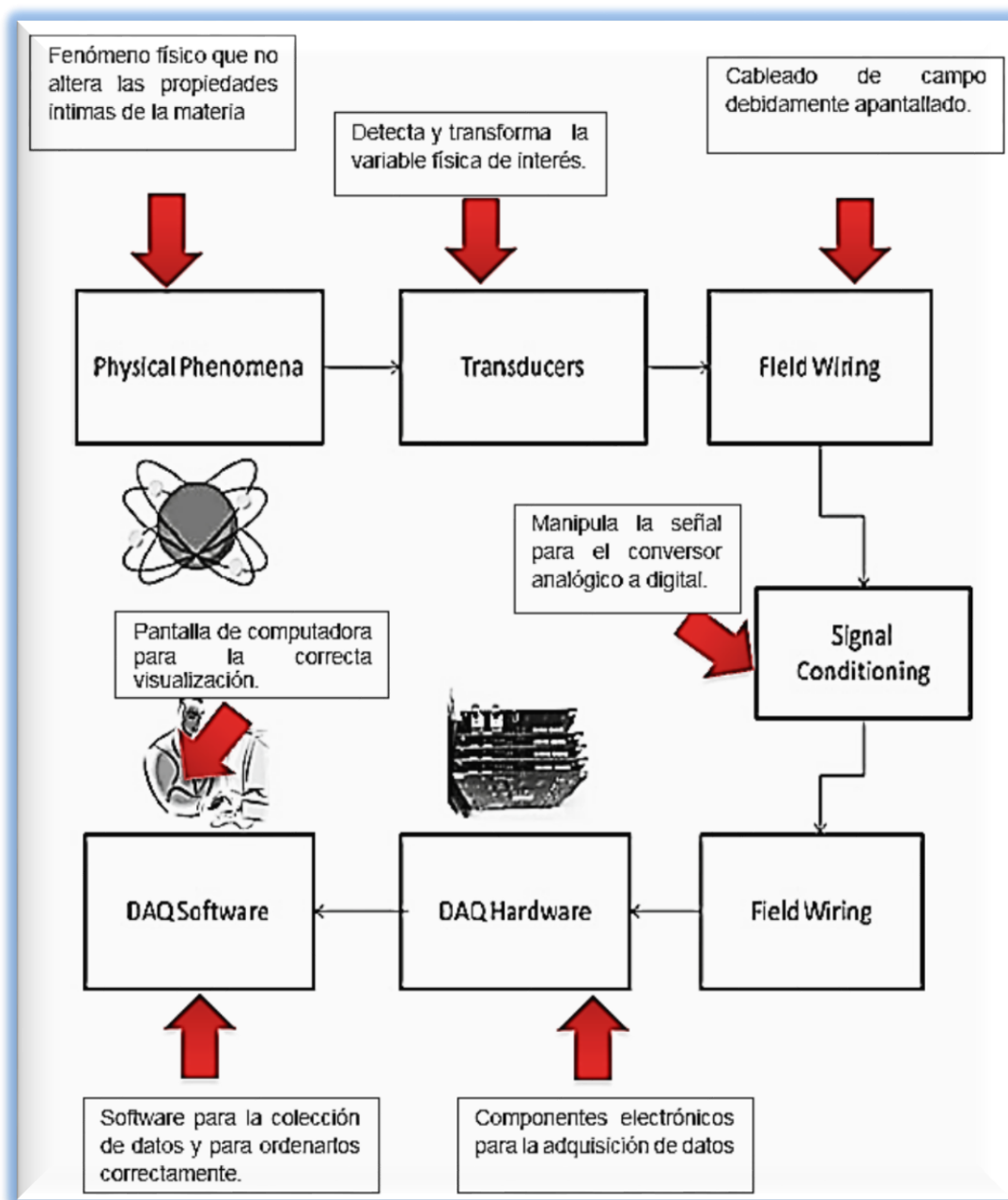


FIGURA 10 Arquitectura general del proceso de adquisición de datos

2.1.1 SENSORES Y TRANSDUCTORES

En cualquier máquina o proceso automatizado es necesario disponer de elementos que nos indiquen el estado del proceso o valor de la variable a controlar para que el sistema actúe en consecuencia. Estos elementos son conocidos como sensores, transductores y captadores, pero que diferencias existen entre ellos.

El concepto de sensor y sonda puede ser distinto al de transductor o captador, pero normalmente está extendido utilizarlos de forma indistinta para referirse a la función que desempeñan en un sistema automatizado. Digo que puede ser distinto porque en caso de sensores sencillos pueden tener la función de sensor y transductor en el mismo elemento (tal es el caso de un simple final de carrera).

La función de estos elementos es adaptar las variables de entrada (magnitud física o química) en otro tipo de magnitud proporcional (normalmente en automatización es una variable eléctrica) que pueda ser interpretable por el sistema y así se pueda realizar el control del proceso. Esta variable física o química de entrada (temperatura, posición, peso, deformación, par de fuerza, velocidad) y la magnitud de salida dan lugar a los diferentes tipos de transductores que se disponen en el mercado. Todos ellos tienen unas propiedades generales comunes y otras particulares en función del tipo de magnitud medida. Veamos los conceptos independientemente para percatarnos de la diferencia entre ellos:

El **sensor** o también llamado “sonda” es el elemento que se encuentra en contacto directo con la magnitud que se va a evaluar, al interactuar con estas sufre cambios en sus propiedades. Por ejemplo la magnitud física puede ser la temperatura y la propiedad alterada puede ser la resistencia eléctrica que varía proporcionalmente a la variable medida.

El **transductor** es un dispositivo que tiene la misión de traducir o convertir una señal física en otra distinta entendible por el sistema, es decir convierte una señal no interpretable por el sistema, en otra variable interpretable por dicho sistema.

El **captador** es básicamente un transductor incorporado en un lazo de control realimentado y su función es recoger o captar un tipo de información en el sistema para realimentarla.

A) CARACTERISTICAS DESEABLES DE LOS TRANSDUCTORES

Todos los instrumentos deben ser especificados en un punto tal que aseguren la operación del proceso, de tal manera que las características que poseen estos aparatos de medida son totalmente aplicable a los transductores. Los más importantes son:

- ❖ **EXACTITUD:** Es el grado de aproximación al valor verdadero. En otras palabras, es la cualidad de un instrumento de medida por la que tiende a dar lecturas próximas al verdadero valor de la magnitud medida. Por lo general la exactitud se da en términos de inexactitud, en otras palabras se da el error del instrumento o sensor, es decir cuánto le falta para igualar el valor real.
- ❖ **RANGO DE MEDIDA:** Es el campo de medidas de la magnitud de entrada entre el máximo y el mínimo detectables por un sensor, con una tolerancia de error aceptable.
- ❖ **PRECISION:** Es el grado de dispersión del resultado de la medida cuando esta se repite un número determinado de veces bajo condiciones específicas. En otras palabras, es la cualidad del instrumento por la que tiende a dar lecturas muy próximas unas a otras.
- ❖ **ALCANCE (SPAN):** Diferencia algebraica entre los valores superior e inferior del campo de medida.
- ❖ **VELOCIDAD DE RESPUESTA:** El transductor debe ser capaz de responder a los cambios de la variable detectada en un tiempo mínimo. Lo ideal sería tiempo mínimo.
- ❖ **SENSIBILIDAD:** La señal de salida debe ser capaz de variar por cada incremento elemental en la magnitud de entrada.
- ❖ **FIABILIDAD:** Medida de la probabilidad de que un transductor continúe comportándose dentro de los límites especificados de error a lo largo de un tiempo determinado y bajo condiciones específicas.
- ❖ **TIEMPO DE RETARDO:** Tiempo transcurrido para que el valor de salida alcance su 100%.

B) TIPOS DE SENSORES COMUNES

MAGNITUD DETECTADA	TRANSDUCTOR	SEÑAL DE SALIDA
Posición(lineal o angular)	Finales de carrera Pasivo	Todo-Nada
	Potenciómetros Pasivo	Analógica
	Encoders Activo	Digital
deformaciones	Transformadores diferenciales (LVDT)	Analógica
	Galgas extensiométricas Pasivo	Analógica
Velocidad lineal	Dinamos Tacómetros Activo	Analógica
	Encoders	Digital
Aceleración	Acelerómetro Activo	Analógica
	Sensores de velocidad Activo	Digital
Corriente	Resistencia shunt/pasiva	Analógica
Nivel	Flotador +detector de desplazamiento	Analógica
	Capacitivos Activo	Analógica
	Ultrasonido Activo	Digital
Presión	Membrana Pasivo	Analógica
	Piezoelectrico	Analógica
Caudal	Presión diferencial (diafragmas/ tubos de Venturi) Pasivo	Analógica
	De turbina Pasivo	Analógica
	Magnético Pasivo	Analógica
Sensor presencia	Inductivo	Todo-Nada
	Capacitivo	Todo-Nada
	Óptico	Todo-Nada

De toda esta variedad de sensores y transductores, se procederá a explicar dos sensores y un transductor en particular por el hecho de que están siendo utilizados en el desarrollo del presente proyecto:

Empezaremos por un sensor tipo óptico, llamado **sensor fotoeléctrico**.

Llamado de esta manera, ya que es un dispositivo electrónico que responde al cambio de intensidad de la luz, consiste principalmente de un emisor que genera la luz y un receptor que “ve” la luz generada por el emisor. Cuando la luz emitida es interrumpida o reflejada por el objeto a censar, este cambia la cantidad de luz que llega al receptor. El receptor detecta esta anomalía y convierte este cambio en una salida eléctrica.

La fuente de luz para la mayoría de sensores fotoeléctricos es infrarroja.

Detección difusa normal:

El emisor y receptor son instalados en el mismo casquillo y la luz normalmente no está alineada al receptor. Cuando la luz del emisor es atravesada por el objeto a detectar, este refleja la luz y esta ingresa al receptor donde la intensidad de la luz aumenta. Este aumento de la intensidad de la luz es utilizado para detectar el objeto.

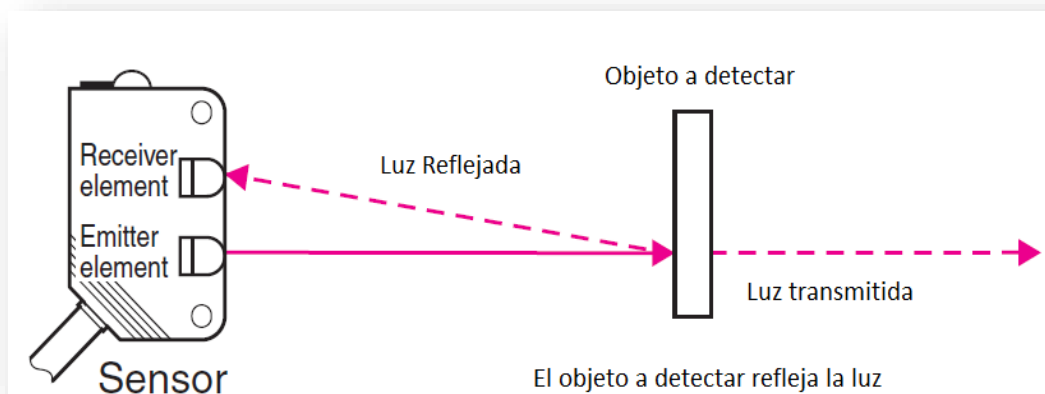


FIGURA 11 Sensor fotoeléctrico tipo difuso normal utilizado en la presente tesis

- Distancia de detección desde centímetros a metros.
- Fácil montaje y ajuste (mediante potenciómetro incorporado).
- La intensidad reflejada de luz y la estabilidad de operación varía con las condiciones (ej., color y textura) de la superficie del objeto.

Este es el método de censado usado en el utilitario, el cual se procederá a detallar su estructura interna:

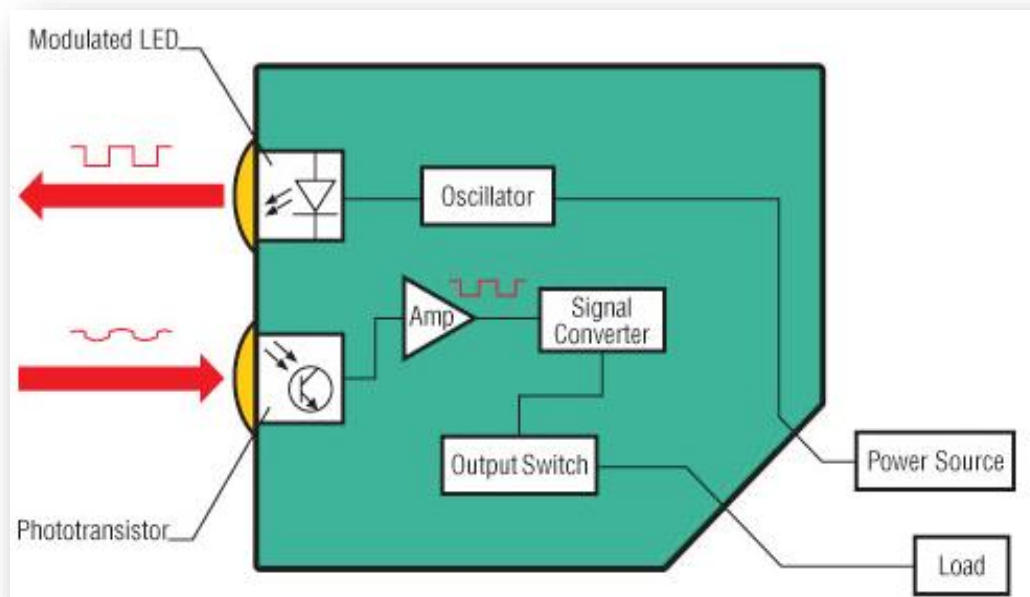


FIGURA 12 Estructura interna del sensor fotoeléctrico tipo difuso normal

- ❖ **Fuente de poder:** Tensión de entrada que ronda entre los 10 y 24 voltios de corriente directa.
- ❖ **Oscilador:** Encargado de generar una señal cuadrada.
- ❖ **Led:** Encargado de emitir la luz gracias al oscilador incorporado.
- ❖ **Fototransistor:** Transistor el cual es activado mediante la incidencia de la luz en la región de la base generando portadores en ella y haciendo que este entre en conducción.
- ❖ **Amplificador:** Multiplica por un factor la señal emitida por el fototransistor.
- ❖ **Convertidor de señal:** Adapta la señal de salida del amplificador.
- ❖ **Switch de salida:** Permite la salida del voltaje.
- ❖ **Carga:** Recibe el voltaje de salida en forma de pulso digital.

Si se desea conocer más variaciones en medición del sensor fotoeléctrico ir a anexo A.

Seguiremos con un sensor de corriente tipo resistivo llamado **resistencia shunt**:

Resistencia shunt: Existen muchas variaciones de este tipo de resistencia para diferentes propósitos pero esencialmente todas esas variaciones se resumen a lo siguiente:

Un resistor de precisión de muy baja resistencia en el orden de 1mili-ohm a 25 mili-ohm, usado para medir corriente alterna (AC) o corriente directa (DC) mediante la caída de voltaje que la corriente crea al pasar a través de la resistencia a veces llamado como amperímetro shunt, utilizado en diferentes aplicaciones como generadores solares, turbinas de viento, industria pesada, electroplating, cargadores de batería, minería, variadores de velocidad y motores trifásico, etc.

Esta resistencia obedece a la ley de Ohm

$$V = I \times R$$

El voltaje (V en voltios) a través de la resistencia (R en ohms) es producto de la resistencia y la corriente (I en amperios) que fluye a través de la resistencia.

Por ejemplo una resistencia shunt cuya resistencia es de 0.001 Ohms por la cual pasa una corriente de 50 amperios producirá $0.001 \times 50 = 0.05$ voltios o 50 mV (milivoltios).

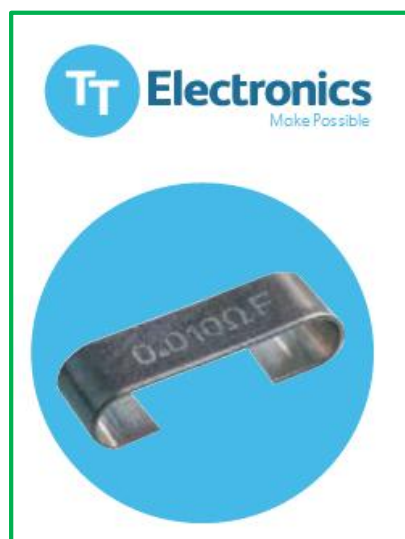


FIGURA 13 Resistencia shunt de la empresa TT Electronics.

Por ultimo terminaremos con una breve mención de un transductor de tipo resistivo utilizado en la parte de adquisición de voltaje del motor trifásico, ampliamente conocido como divisor de tensión que tiene la función de traducir o convertir la señal en otra entendible por el sistema, ya que cambia la magnitud a medir mediante una variación de relación de tensión y la naturaleza de este transductor es del tipo pasivo.

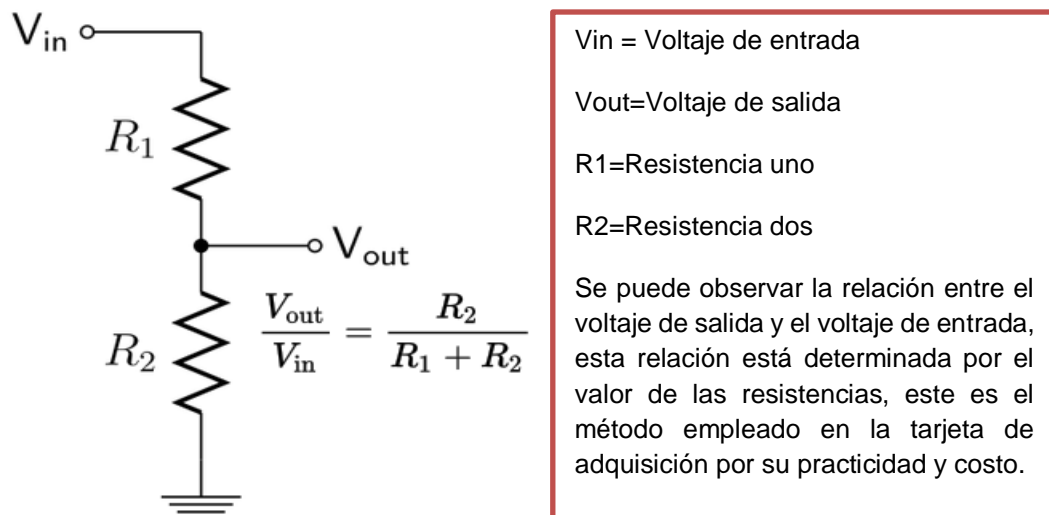


FIGURA 14 Divisor de tensión transductor tipo resistivo

2.1.1.1 ACONDICIONAMIENTO DE SEÑAL

Los transductores censan fenómenos físicos y producen señales eléctricas que el sistema DAQ mide. Por ejemplo, termocuplas, detectores de temperatura resistivo (RTDs), termistores.

Estas señales eléctricas generadas por los transductores deben ser optimizadas para el rango de entrada del DAQ. Etapas de acondicionamiento amplifican señales de bajo nivel, aíslan y filtran para una medición precisa.

Las etapas básicas del acondicionamiento son las siguientes:

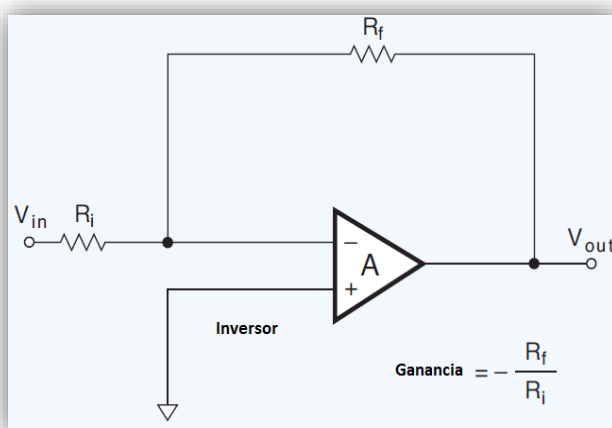
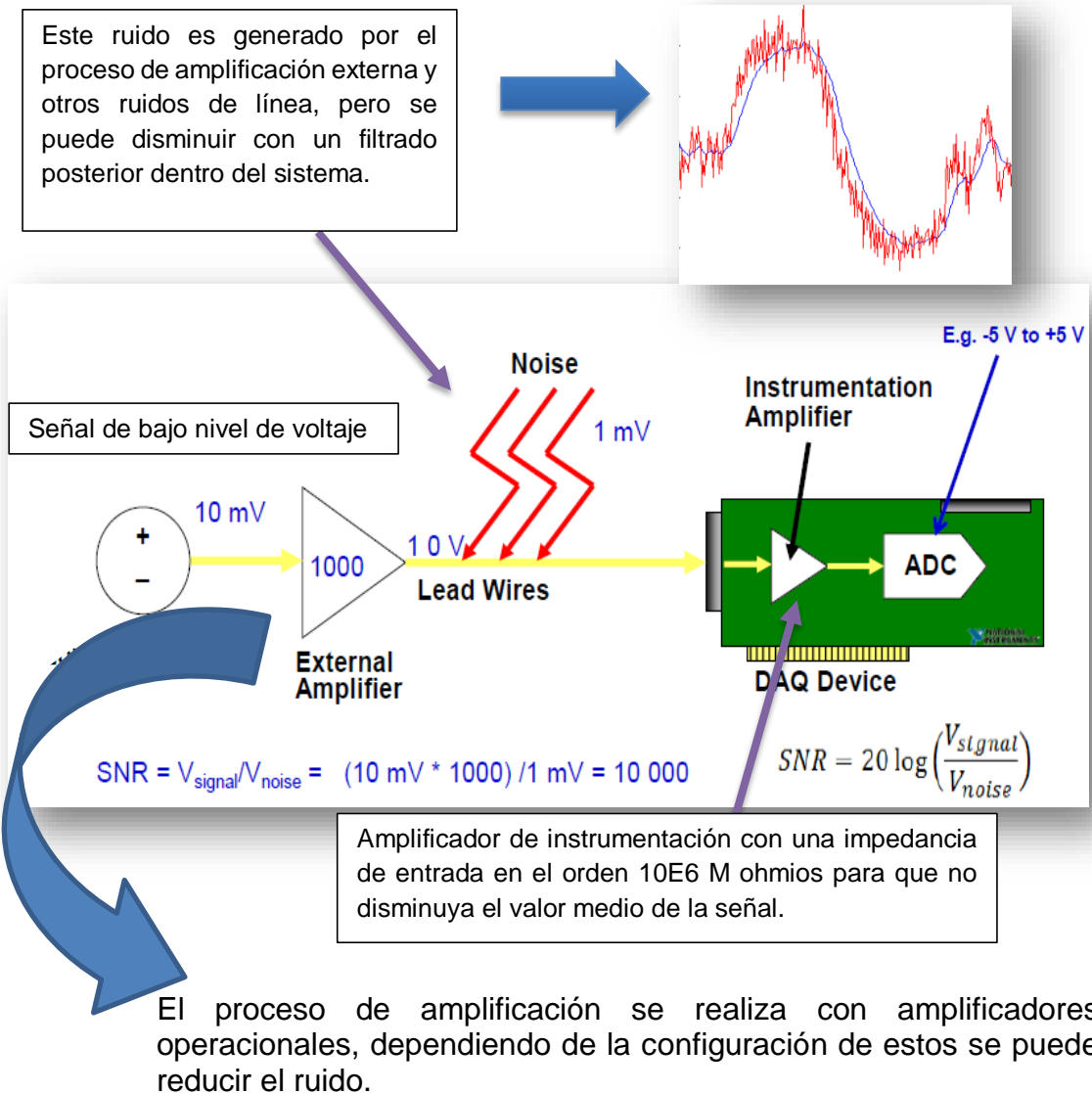
A. Amplificación

Los amplificadores constituyen un componente muy importante en los sistemas de adquisición de datos ya que sus características deben ajustarse a las condiciones impuestas por la señal a amplificar, al entorno físico de la aplicación y sobre todo para que su margen dinámico se aproxime lo máximo posible al margen dinámico del conversor A/D (ADC), consiguiendo de esta forma maximizar la resolución, por lo general la gran mayoría de los sistemas de adquisición de datos tiene varios canales analógicos de entrada, cada canal con un rango de entrada distintivo, por lo que será necesario que este amplificador sea de ganancia programable.

Esta amplificación también acarrea una desventaja principal, el aumento de la relación de ruido (SNR) ya que al amplificar señales de bajo nivel que rondan por los 100mV, el ruido en este tipo de señales se multiplica dañando la señal (distorsionándola).

La calidad de amplificación puede ser descrita por la siguiente lista de parámetros:

- **Ganancia:** Relación entre la salida y la entrada en la cual el amplificador funciona correctamente.
- **Ancho de banda:** Rango de frecuencias en las cuales el amplificador funciona correctamente.
- **Ruido:** Nivel de ruido introducido por el proceso de amplificación.
- **Velocidad de subida:** El máximo cambio de voltaje por unidad de tiempo.
- **Sobre pico:** La salida se excede en su valor final.



Amplificación mediante una configuración inversora, una de las más comunes donde la ganancia es la relación de la resistencia de realimentación entre la de entrada.

Esta configuración presenta desventajas ya que amplifica señales a modo común cambiando el valor de la señal original.

FIGURA 15 Ruido ingresado por el proceso de amplificación de la señal.

B. Aislamiento

Otra manera común de acondicionar es aislando la señal del transductor de la computadora por propósitos de seguridad. El sistema que está siendo monitoreado puede contener transitorios de alto voltaje que pueden dañar la computadora sin un apropiado acondicionamiento de señal.

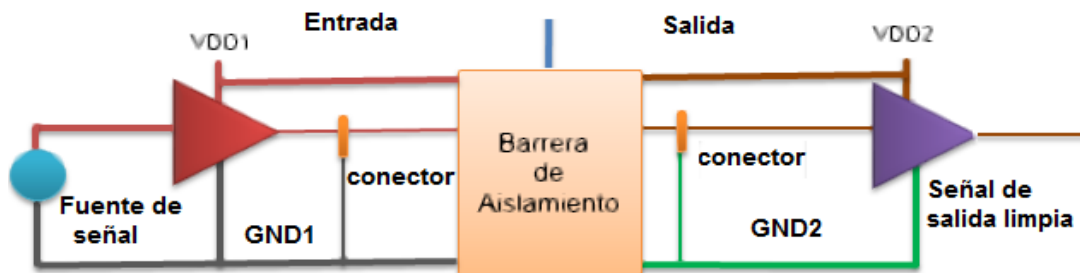
Realizando un análisis más detallado él porque es tan importante aislar la señal, resulta que los dispositivos que se acoplan al sistema DAQ no sean afectados por las diferencias de potenciales de tierra o voltajes en modo común.

Cuando las entradas de un dispositivo DAQ y la señal que está siendo adquirida tienen cada una su propia referencia "ground", problemas ocurren si hay una diferencia de potencial en las dos tierras. Esta diferencia nos puede dirigir a lo que se conoce como **bucle de tierra**, el cual puede causar representaciones inexactas de la señal adquirida; o si la diferencia es muy grande, puede dañar el sistema de medición. Usando un acondicionamiento para aislar la señal, nos ayuda a desaparecer los bucles de tierra y asegura una adquisición exacta de la señal.

Por la razón explicada anteriormente se utilizan amplificadores de aislamiento, los cuales se dividen en dos secciones una entrada y otra de salida, galvánicamente aislada una de otra. Muchas técnicas proveen este tipo de aislamiento; La más ampliamente usadas incluye capacitiva, inductiva, y óptica. El rango de aislamiento es entre 1200 a 1500 VAC, a 60 HZ con una típica señal de entrada en el rango de +/- 10. Con una relación de rechazo al modo de aislamiento (IMR) por alrededor de 140dB.

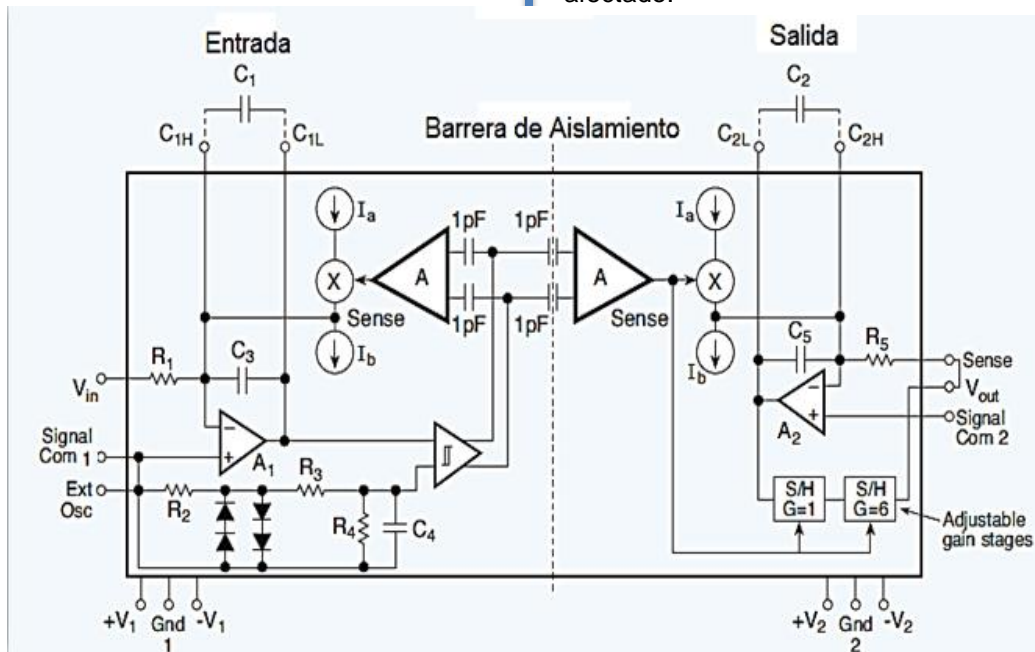
Ya que el trabajo primario de los amplificadores es proporcionar aislamiento, la gran mayoría viene con ganancia unidad pero las unidades costosas vienen con ganancia ajustable programable.

En resumen el principal beneficio es la eliminación de bucles de tierra, la sección de entrada es aislada de la de salida de tal manera que las **conexiones a referencia "Tierra" son distintas, ya que se utilizan dos fuentes de poder distintas Vcc1 y Vcc2** una para cada sección, la cual ayuda a aislar los amplificadores.



Como se observa la referencia de la señal de entrada es muy diferente a la de salida ya que son fuentes de poder diferentes.

Por lo tanto al existir VDD1 y VDD2, la referencia de la señal cambia y los ruidos y picos de voltaje que retornan por la referencia GND1 no afectan a GND2 y el sistema que recibe esta señal no es afectado.



- **Vin:** voltaje de entrada del transductor.
- **Com1:** Referencia de la señal del transductor.
- **Ext osc:** Oscilador externo
- **C1:** Condensador de estabilización.
- **Gnd1:** Referencia del circuito de entrada (**Gnd1=Com1** forman una sola referencia al conectarse ambos).
- **+v1, -v1:** Alimentación diferencial para los amplificadores.

- **Vout:** Señal de salida del Transductor.
- **Com2:** Referencia de la señal del transductor.
- **C2:** Condensador de estabilización.
- **Gnd2:** Referencia del circuito de entrada (**Gnd2=Com2** forman una sola referencia al conectarse ambos).
- **+v2, -v2:** Alimentación diferencial para los amplificadores.

FIGURA 16 Separación de puntos de referencia para evitar ruidos provenientes de la señal de entrada.

❖ Aislamiento Óptico

Este tipo de amplificador de aislamiento acopla ópticamente la sección de entrada a la sección de salida a través de un transmisor de LED y un par receptor. Un ADC convierte la señal de entrada a una promediada y lo transmite a la sección de salida. La sección de salida convierte la señal digital a una tensión analógica en conjunto con filtros para eliminar los ruidos y otras señales introducidas por el proceso de conversión.

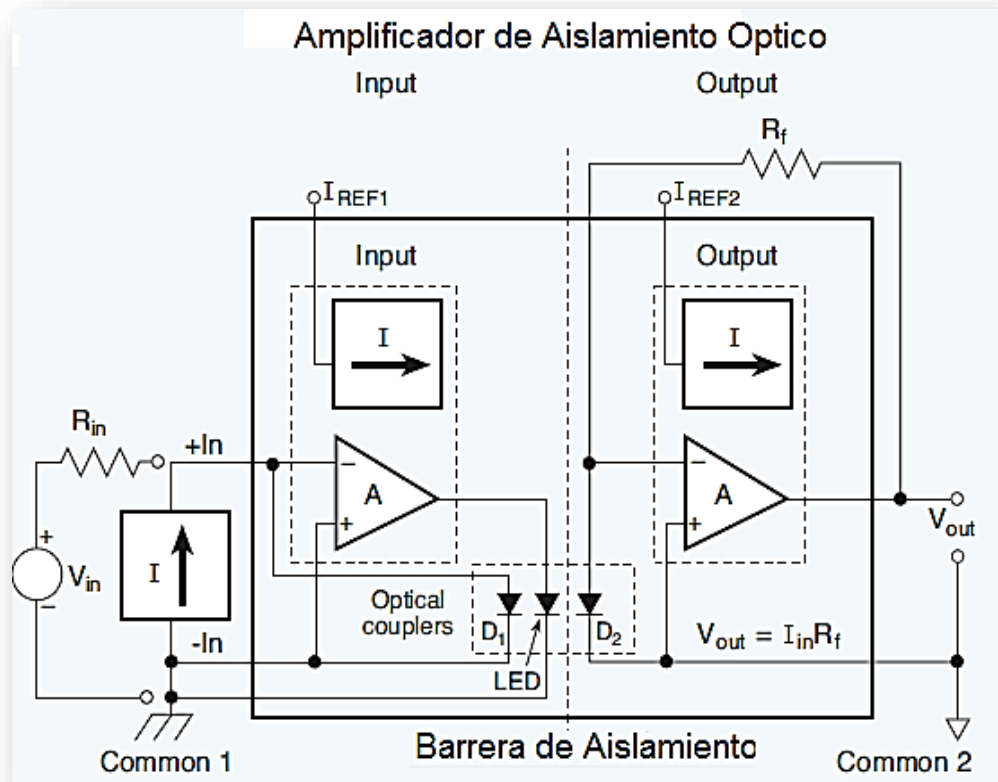


FIGURA 17 Amplificador de aislamiento óptico.

Si se desea conocer más tipos de tecnologías de aislamiento ver anexo B

C. Filtrado

El objetivo del filtrado es remover señales no deseadas de la señal que desees medir.

Existen dos tipos de filtros los cuales son utilizados en diferentes tipos de sistemas y estos son:

- ❖ Digitales: Implementados por software
- ❖ Análogos: Implementados por hardware.

Los digitales están ligados a los análogos ya que los conceptos desarrollados y aplicados en los análogos se han mejorado e implementado en los digitales mediante lenguajes de programación.

Entre los filtros analógicos encontramos uno llamado filtro pasa bajos anti aliasing que se ubica antes del convertidor analógico digital, remueve las frecuencias que son superiores al ancho de banda del dispositivo, si estas no son removidas podrían aparecer erróneamente en la banda del dispositivo.

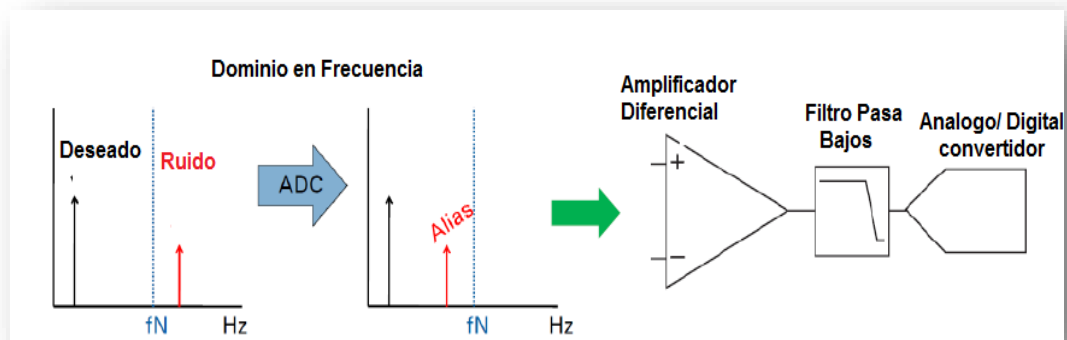


FIGURA 18 Función de un filtro anti-aliasing.

Los tipos de filtros análogos más usados son:

- ❖ Pasa bajos:

Frecuencias por debajo de la fundamental se mantienen.

- ❖ Pasa altos:

Frecuencias por encima de la fundamental se mantienen.

- ❖ Banda de paso:

Frecuencias dentro de la frecuencia mínima y máxima se mantienen.

- ❖ Elimina banda:

Elimina una frecuencia en particular.

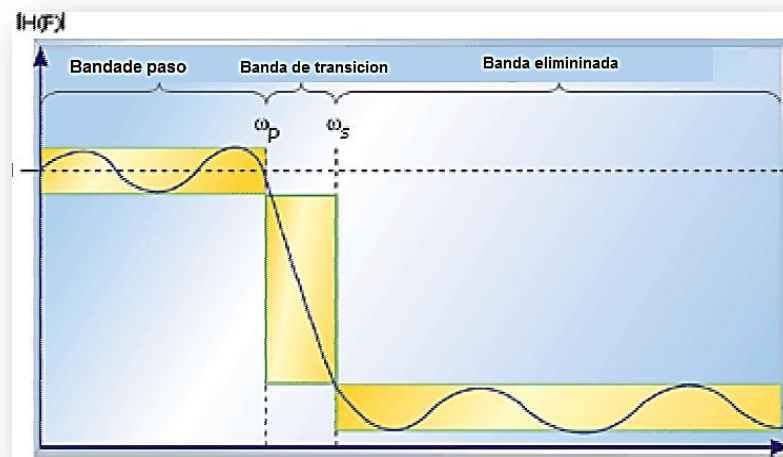


FIGURA 19 Banda eliminada de filtro pasa bajo.

Estos se pueden formar con condensadores y resistencias, los cuales son llamados filtros pasivos o también pueden construirse con amplificadores operacionales de tal manera que se denominan filtros activos, y dependiendo de las características de estos se les asigna nombres específicos como Butterworth, Chebyshev, Bessel o Elíptico.

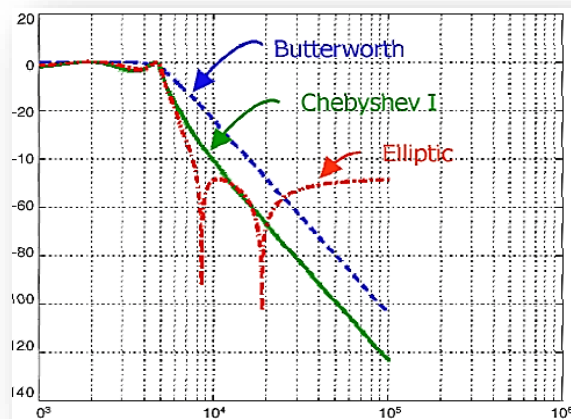


FIGURA 20 Respuestas en un diagrama de Bode de diferentes tipos de filtros.

Antes de empezar con el hardware de adquisición de datos se explicara el funcionamiento de un filtro simple pasa bajos tipo resistencia-condensador (pasivo), que también puede ser usado como filtro anti-alias.

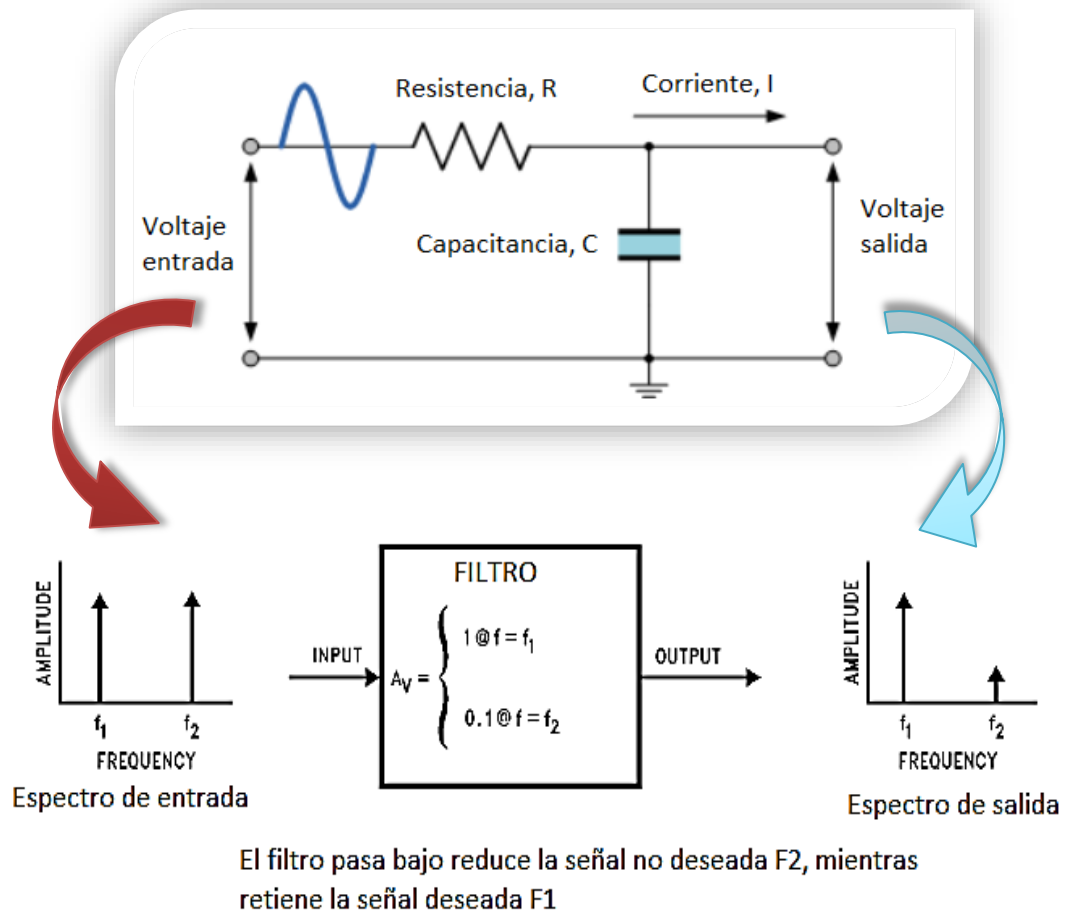


FIGURA 21 Espectro de señal de salida de un filtro pasivo pasa bajos RC

2.1.2 ELEMENTOS BASICOS PARA LA ADQUISICION DE DATOS

- Sensores y Transductores
- Cableado de Campo
- Acondicionamiento de Señal
- Hardware de Adquisición de datos
- Software de Adquisición de Datos
- PC (computadora portátil con sistema operativo)

Algunos de estos elementos ya han sido abordados anteriormente tal como sensores, transductores y acondicionamiento de señal, por tal motivo solo se explicara los temas de hardware de adquisición de datos y software de adquisición de datos.

2.1.2.1 HARDWARE DE ADQUISICION DE DATOS

Los típicos hardware de adquisición de datos de propósito general pueden ser descritos mediante los siguientes componentes principales:

- Multiplexor de entrada
- Amplificador de señal de entrada
- Muestreo y retención circuito
- Análogo a digital conversor
- Memoria (DMA)
- Temporización del sistema y filtrado
- Interface de bus
- Procesador digital de señal
- Microprocesador, Microcontrolador o FPGA

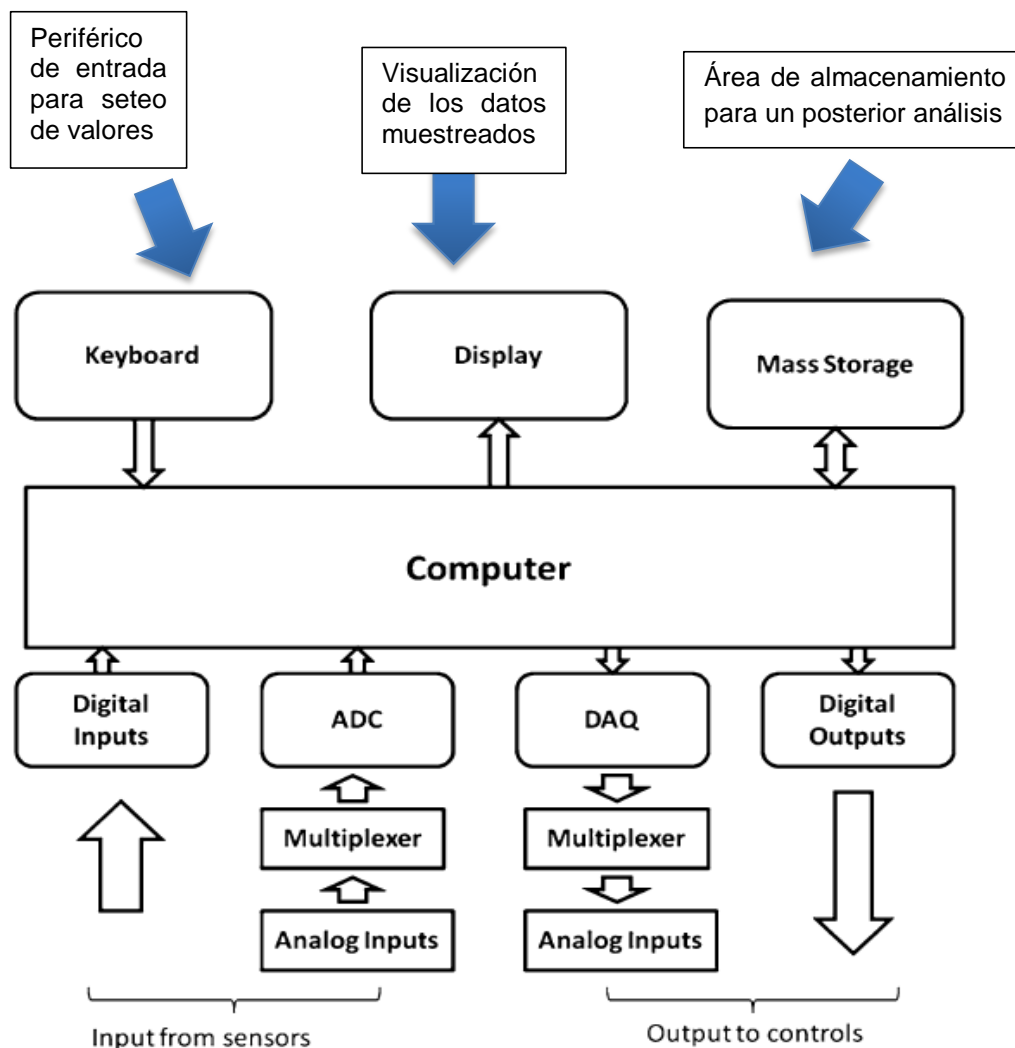


FIGURA 22 Hardware de adquisición aspectos básicos.

De los componentes del hardware solo se explicara los más relevantes como lo son el tipo de interface de bus y el microcontrolador usado en este proyecto.

❖ INTERFACE DE BUS

Un bus es una línea de interconexión portadora de información constituida por varios hilos conductores (Físicamente) o varios canales (en sentido lógico), por cada uno de los cuales se transporta un bit de información. El número de líneas que forman los buses (ancho de bus) es fundamental: Si el bus es conformado por 16 líneas significa que puede enviar 16 bits al mismo tiempo (simultáneamente también llamado bus paralelo) o si solo se puede enviar un bit a la vez solo un cable de transmisión (llamado bus serie), todos los subsistemas intercambian datos gracias a los buses.

Existen dos tipos de buses, según el criterio físico:

- **Bus Interno:** Este mueve los datos entre los componentes electrónicos internos, como el procesador, memorias y microcontroladores.
- **Bus Externo:** Es utilizado para comunicar el microcontrolador, microprocesador o la tarjeta embebida, con periféricos como computadora, otros módulos de adquisición para formar una red, etc.

A continuación se muestra una jerarquía de buses:

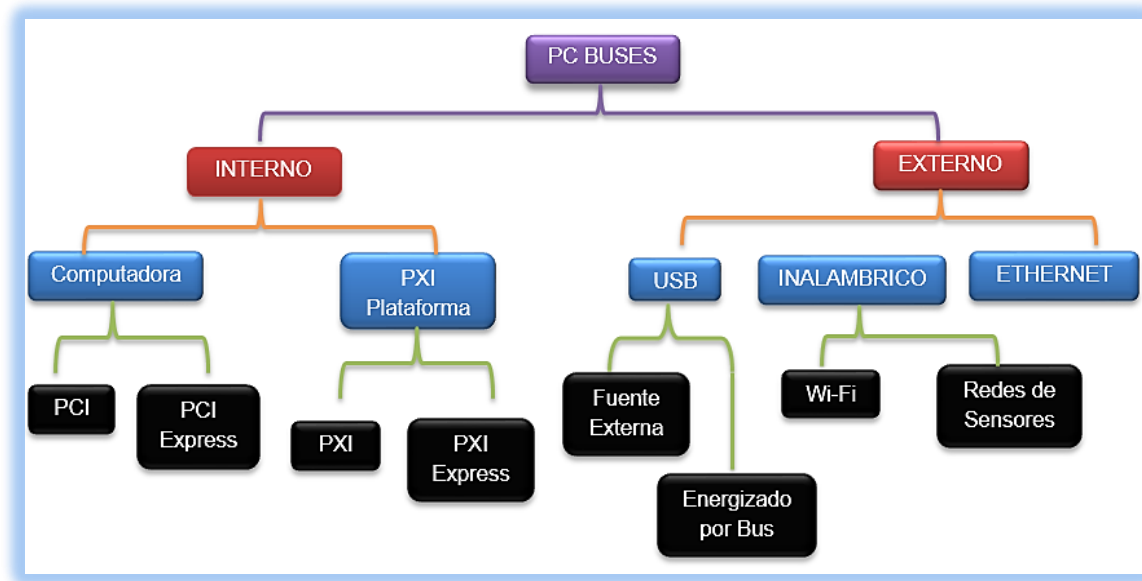


FIGURA 23 Diferentes tipos de buses para la adquisición de datos.

PCI: Bus de interconexión de componentes periféricos (PCI) bus interno más usado hoy en día con escritura de datos de alta velocidad y transferencia de datos determinística.

PCI Express: Evolución de PCI, con una arquitectura más robusta.

USB: Bus Serial Universal diseñado para conectar periféricos son latentes no-determinísticos (las transmisiones no suceden exactamente cuándo se esperan), ya que el ancho de banda se comparte con otros USB conectados. Por otro lado tiene otras características que lo hacen más fácil usar que los otros buses tradicionales, este es el tipo que se usa en la presente tesis por su facilidad de uso y manipulación.

ETHERNET: Columna vertebral de cualquier red, como un bus para DAQ es ideal para realizar medidas portátiles o distribuidas más allá de los 5 metros de un cable USB.

INALAMBRICO: Flexibilidad y portabilidad donde los cables son poco apropiados o prácticos, eliminando costos y tiempos de instalación.

❖ MICROCONTROLADOR

Cuando pensamos en qué tipo de sistema elegir para desarrollar cualquier proyecto, una inmensa cantidad de opciones aborda nuestra mente ya que actualmente existe un sinnúmero de soluciones y maneras de hacer lo mismo, y cada manera o método tiene sus propias dificultades y beneficios, elegir entre toda esta amplia gama de soluciones no es tarea fácil el por qué se selecciona dependerá del tiempo planeado para finalizar el proyecto, los conocimientos que posea el desarrollador, la disponibilidad inmediata de los componentes, entre otros factores.

Las tecnologías más comunes que se usan actualmente microcontroladores, microprocesador, FPGA, entre otras.

Los microprocesadores (MPU o uprocesador) no poseen memoria de datos u otros periféricos en lugar de eso sus pines funcionan como un bus para interactuar con componentes externos como entradas y salidas, memorias, puertos seriales, etc.

El microprocesador es capaz de ejecutar cálculos más extensos y al depender de componentes externos, el sistema puede expandirse a diseños bastantes complejos.

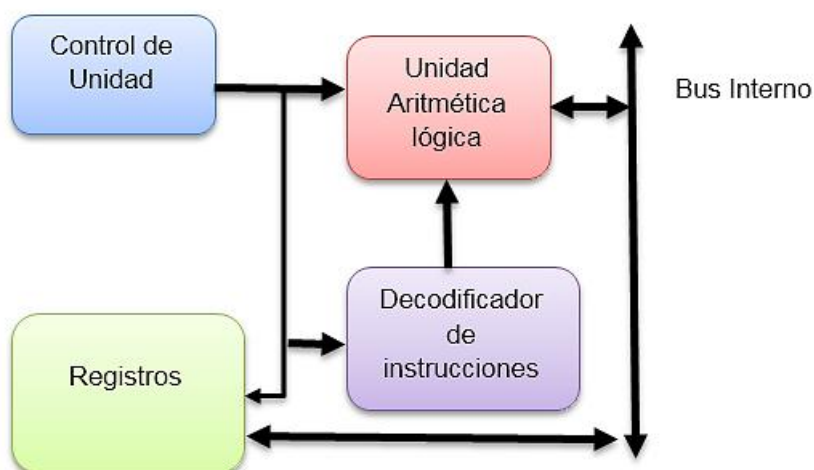


FIGURA 24 Estructura básica de un Microprocesador

Los MICROCONTROLADORES están escondidos dentro de una sorprendente cantidad de productos en estos días, desde productos de uso diario como autos, elevadores, microondas, cámaras digitales, impresoras hasta productos con usos para la industria, equipamiento biomédico, entre otros.

Básicamente, cualquier producto o dispositivo con el cual el usuario interactúa contiene un microcontrolador dentro de este.

Básicamente un microcontrolador es una pequeña computadora, ya que como una computadora tiene un CPU (unidad central de proceso) que ejecuta programas, los carga de algún lado, tiene memoria RAM (memoria de acceso aleatorio) en donde puede almacenar variables, conversor análogo a digital, tiene dispositivos de entrada y salida, entre otros.

Es por las razones mencionadas anteriormente que se escogió un microcontrolador ya que contiene todo el hardware necesario para la adquisición y envío, y no es necesario agregarse algo más ya que con un único chip nos evitamos la compra de diferentes hardware para cada parte que quiera realizarse ya que con uno el sistema se reduce y se vuelve más simple y nos ahorra tiempo de desarrollo.

Por ello se ha utilizado microcontroladores de diferentes marcas una la más usada (Microchip) por su facilidad y rapidez de desarrollo y otra más robusta (Atmel) ya que es utilizada en equipos industriales y biomédicos porque cuenta con una estructura interna y un núcleo desarrollado a procesos.

MICROCHIP:

Empresa fabricante de microcontroladores, memorias y semiconductores analógicos situada en Arizona EE.UU y fundada en 1989, provee productos de bajo consumo y rápido desarrollo que ofrece una documentación técnica paso a paso en conjunto con un soporte técnico que los diferencia de los demás competidores.

Esta empresa cuenta con diferentes gamas de microcontroladores desde gama baja hasta gamas altas y justamente un producto de la gama alta será que se utilizara en el presente proyecto para la adquisición de datos y envío de estos a un computador por un bus de tipo USB, nos estamos refiriendo al PIC18F4550 será utilizado su ADC y su bus USB que funcionara como un puerto COM en la computadora, este mandara los datos en crudo de los 7 canales (con una resolución de 10 bits) voltaje y corriente del motor trifásico.



FIGURA 25 Microcontrolador de la empresa Microchip

ATMEL:

Atmel (Tecnología Avanzada para la memoria y la lógica) corporación es una compañía de semiconductores fundada en 1984. Su línea de productos incluye microcontroladores (incluyendo derivados del 8051, AT91SAM basados en ARM y sus arquitecturas propias AVR y AVR32), dispositivos de radiofrecuencia, memorias Flash, Wimax y muchas otras cosas más.

Realizando su expansión a principios de los noventa y en 1994 ingreso a al mercado de los procesadores, en 1995 fue una de las primeras empresas en la licencia de la arquitectura ARM, creando su familia AT91, seguido más tarde por la familia SAM, y más recientes soluciones basadas en córtex, el motivo por el cual se muestra los dos logotipos de Atmel y Microchip en la figura 26 es que la compañía Atmel fue adquirida por Microchip Technology en el año 2016.

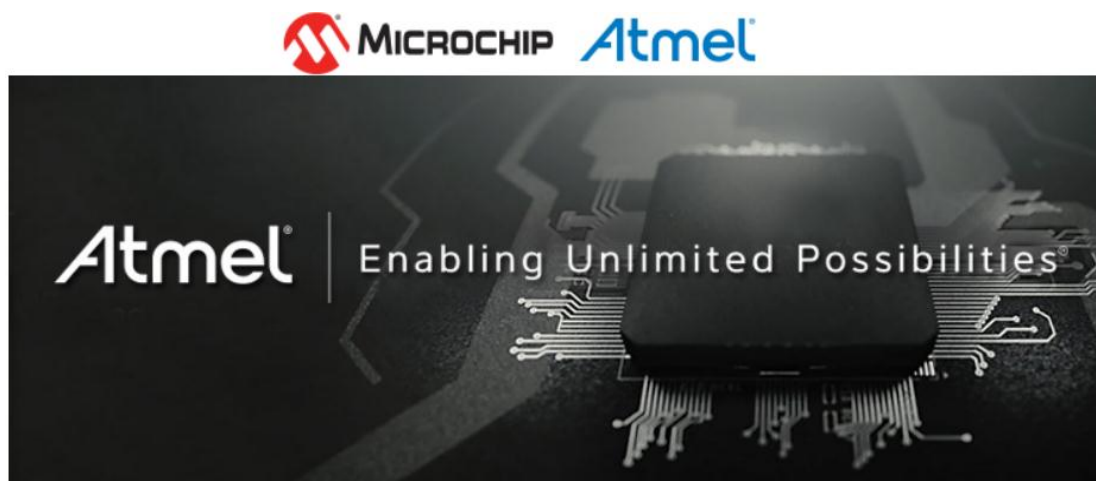


FIGURA 26 Microcontroladores Atmel

2.1.2.2 SOFTWARE DE ADQUISICION DE DATOS

Cuando se requiere seleccionar un IDE (entorno de desarrollo integrado), que no es más que un empaquetado de editor de código, un compilador, un depurador, constructor de interfaz gráfica, etc. El cual te permite seleccionar diferentes tipos de lenguaje de programación tales como C++, Python, Java, C#, Visual Basic, e incluso soporta muchas plataformas (sistemas operativos) como Windows, Linux (sus diferentes versiones), Mac Os, Unix, FreeBSD, Unix, Solaris, entre otros.

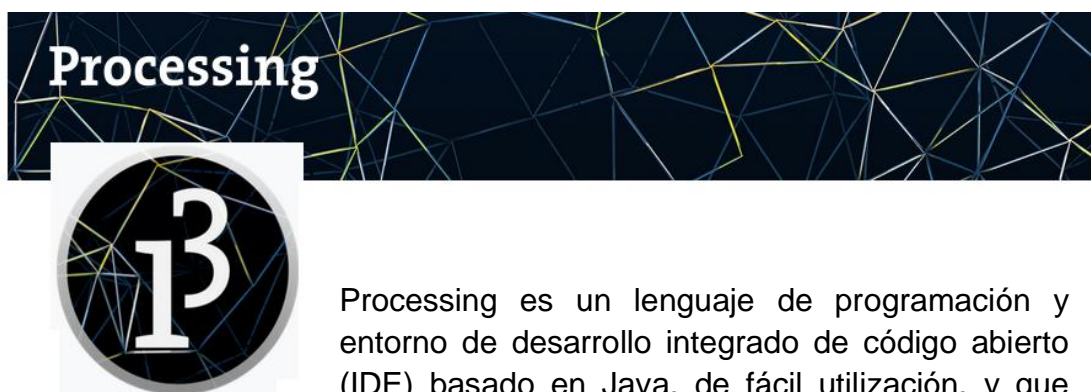
Es de vital importancia seleccionar este basado en los requerimientos de diseño, el tiempo de desarrollo, compatibilidad con drivers, compatibilidad con sistemas operativos, tipo de compilador, documentación y ejemplos disponibles (para solucionar problemas futuros), así como los conocimientos previos y experiencias del desarrollador con lenguajes parecidos e entornos similares para disminuir el tiempo de desarrollo y sin olvidar el tipo de licencia.



FIGURA 27 Entornos de Desarrollo Integrado.

El mercado de desarrollo de software ofrece una amplia variedad de IDEs tanto de pago como gratuitos y cada uno ofrece ventajas y desventajas distintas, por lo que de toda esa amplia variedad se ha tomado un software llamado Processing por su flexibilidad, multiplataforma, código libre y porque ya se tiene experiencias previas programando este software, así también por su rápida curva de desarrollo por su fácil aprendizaje y aunque existen software más profesionales y dedicados si se tomaran estos, el tiempo y la dificultad se acrecentarían complicando más el desarrollo del proyecto.

Por lo tanto se hablara de Processing:



Processing es un lenguaje de programación y entorno de desarrollo integrado de código abierto (IDE) basado en Java, de fácil utilización, y que sirve como medio de producción de proyectos y de enseñanza. Apareció en el 2001 en el instituto tecnológico de Massachusetts distribuido bajo licencia GPL y LGPL, orientado a objetos y multiplataforma, al estar basado en java puede heredar todas las funcionalidades, convirtiéndose en una herramienta poderosa a la hora de encarar proyectos complejos.

Cuando se programa en Processing todas las clases definidas serán tratadas como clases internas cuando el código es trasladado en java puro, esto significa que el uso de variables estáticas y métodos está prohibido a menos que especifiques que quieres usar java puro en uno de los modos que tiene Processing.

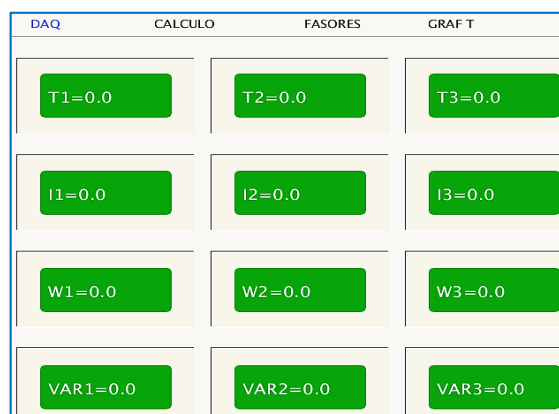


FIGURA 28 Interfaz desarrollada en Processing.

2.2 TIPOS DE MOTORES ELECTRICOS

Los motores eléctricos tienen una parte importante en las diferentes tipos de industrias y su uso es muy variado el cual incluye procesos automáticos, necesarios para mantener las líneas de producción en línea y funcionando, también usado en la industria del transporte con un uso interesante como trenes eléctricos, también usados en el sector de agricultura y sin olvidarnos del sector público o comercial como sistemas de ventilación para edificios entre otros.

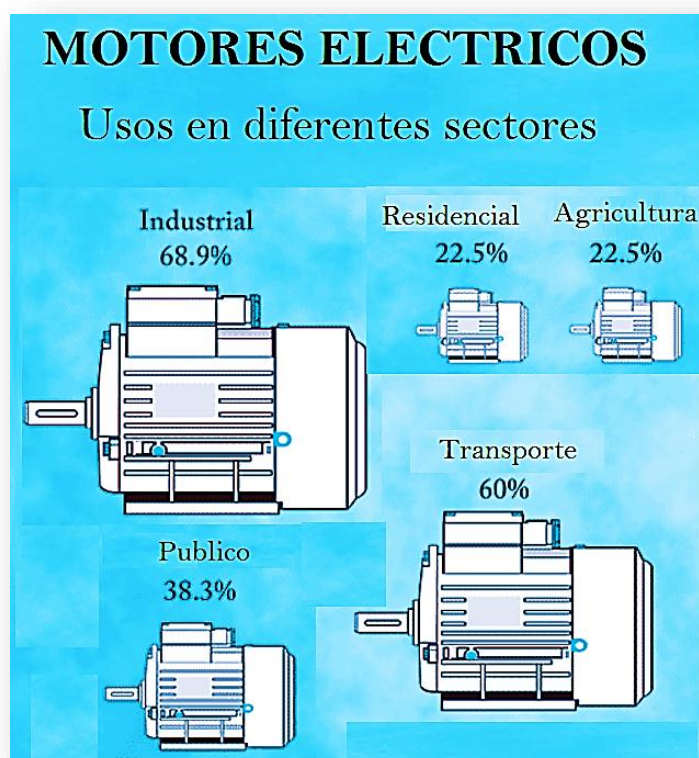


FIGURA 29 Motores eléctricos en diferentes sectores.

Hemos mencionado los usos de estos en la industria pero ahora hablaremos de estos de una manera más detallada.

Un motor eléctrico es un dispositivo que convierte potencia eléctrica a potencia mecánica. La potencia eléctrica puede ser corriente alterna (AC) o corriente directa (DC).

Los motores de corriente directa (DC) fueron creados primero y poseen ciertas ventajas y desventajas frente a los de corriente alterna y funcionan de una manera distinta, pero sin importar que tipo de motor eléctrico sea todos estos funcionan en base al campo electromagnético, se mencionara los principios básicos de los campos magnéticos en motores eléctricos, luego se mostrara una clasificación de los motores más usados y sus variantes, para terminar

describiendo las partes y el funcionamiento de los dos tipos usados en la presente tesis.

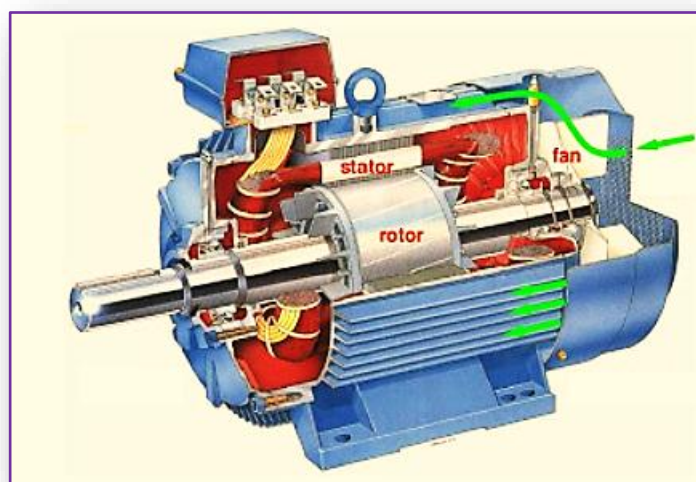


FIGURA 30 Motor eléctrico de corriente alterna

❖ Campo Electromagnético en Motores Trifásicos

Los motores eléctricos funcionan en base al principio de electromagnetismo, al energizar las bornas de un motor eléctrico (conectarlos a una fuente de corriente alterna 220, 380, 440, etc.), las cargas eléctricas se mueven a través de los conductores que por lo general son de cobre, estas cargas en movimiento producen campos magnéticos en el conductor de cobre (Figura 31) y estos campos tienen su propio sentido que va de acuerdo a la dirección de la corriente, y esto justamente es lo que se explota en un motor eléctrico para crear movimiento.

Un motor eléctrico contiene varias bobinas de cobre comúnmente llamadas selenoide, que crean campo magnético cuando la corriente fluye a través de ella (Figura 32), esto es llamado electromagneto, luego una corriente es enviada a través de una espira (conductor de cobre cerrado plano) posicionada en el interior del campo magnético del electromagneto (Figura 33), resultando que cuando la corriente fluye a través de este campo magnético las cargas sienten una fuerza magnética sobre ellas de 90 grados en la dirección del movimiento, por esto la espira siente una gran fuerza y causa que esta se mueva “Energía eléctrica ha sido cambiada a movimiento” y este es el principio básico de cualquier motor eléctrico.

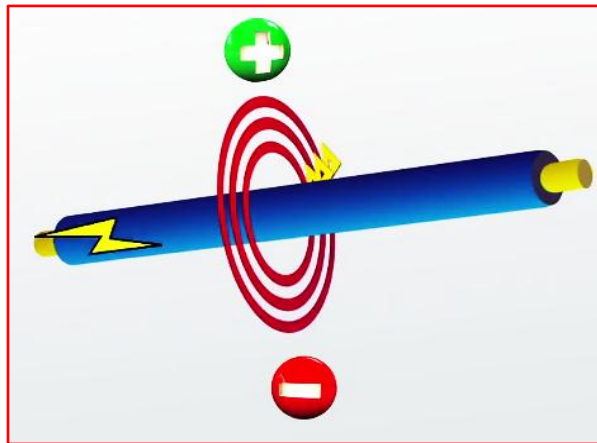


FIGURA 31 Campo magnético producido en un conductor energizado

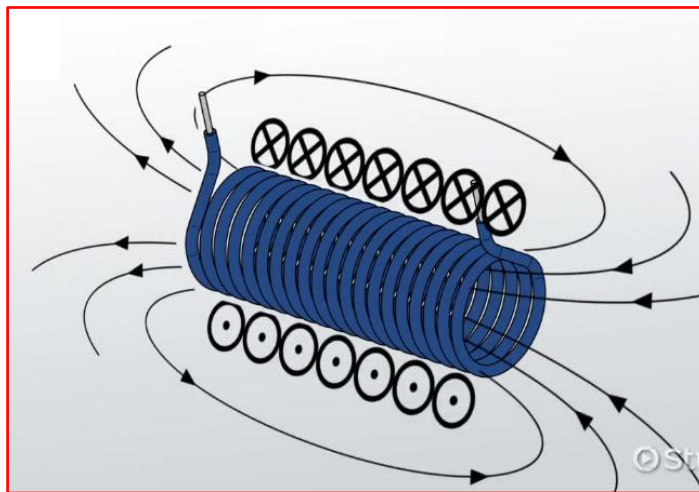


FIGURA 32 Bobina o selenoide con campo magnético creado por el flujo de corriente

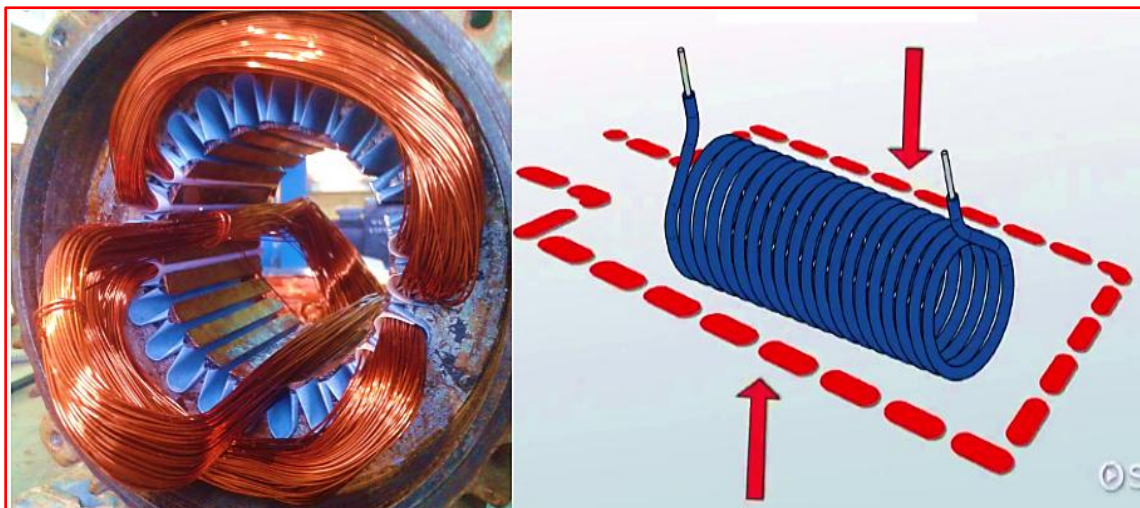
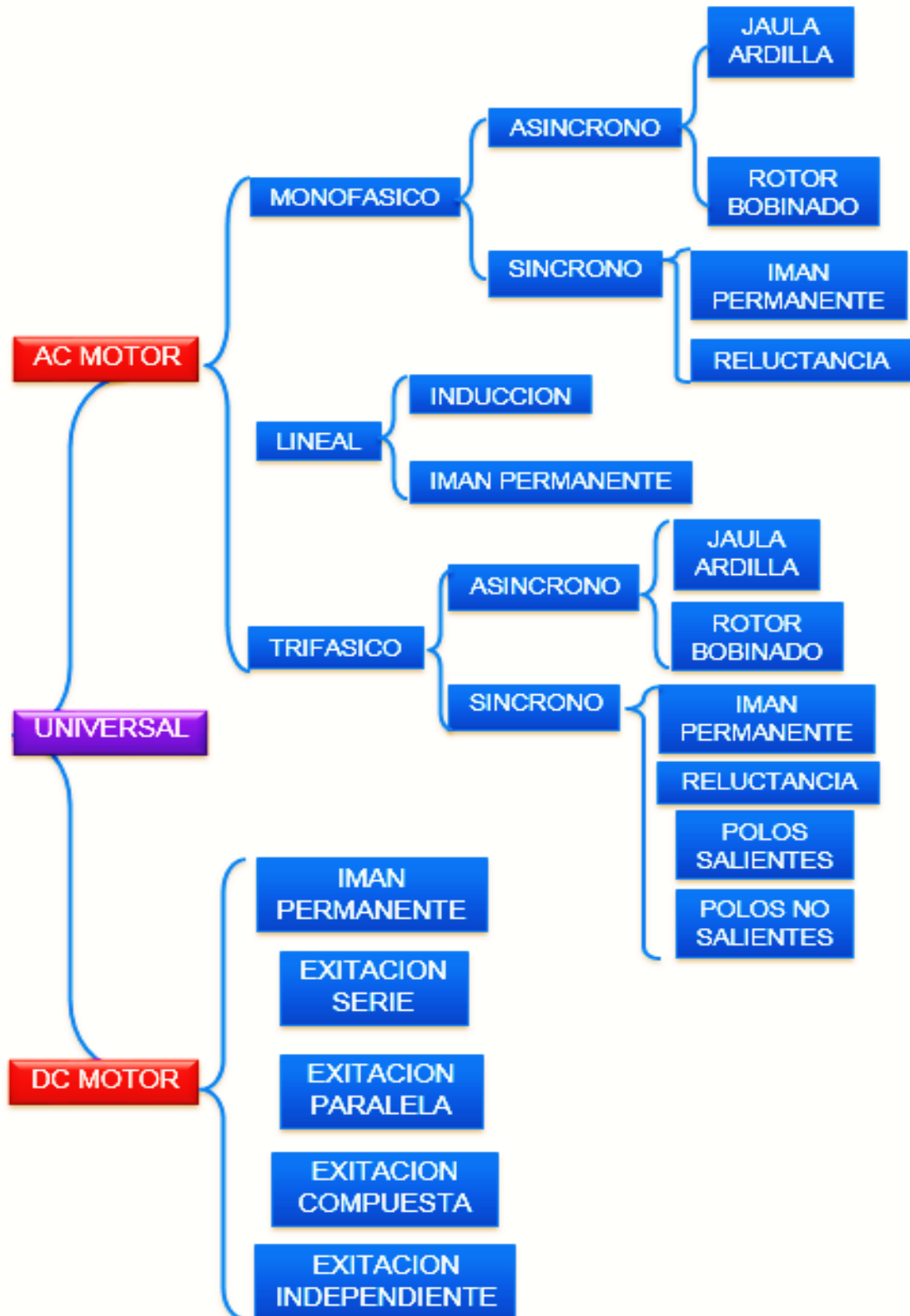


FIGURA 33 Bobina o selenoide con campo magnético creado por el flujo de corriente

❖ Clasificación General de Motores Eléctricos

Se mostrara un diagrama generalizado de los motores eléctricos más usados en la industria.



2.2.1 MOTORES ELECTRICOS DE CORRIENTE ALTERNA

Hemos mencionado anteriormente una lista de tipos de motores eléctricos entre ellos figuran los motores de corriente alterna más comunes, cada uno con sus respectivas ventajas y desventajas en el campo industrial se dará un concepto básico del motor trifásico usado y luego se describirá las partes más comunes, el conexionado interno y las fórmulas (estas aplican a motores de corriente alterna trifásicos).

Motor Trifásico:

Los motores trifásicos se emplean para desarrollar tareas que requieran una potencia de un valor importante y en aquellos lugares en los que se disponga de líneas trifásicas de distribución de energía activa.

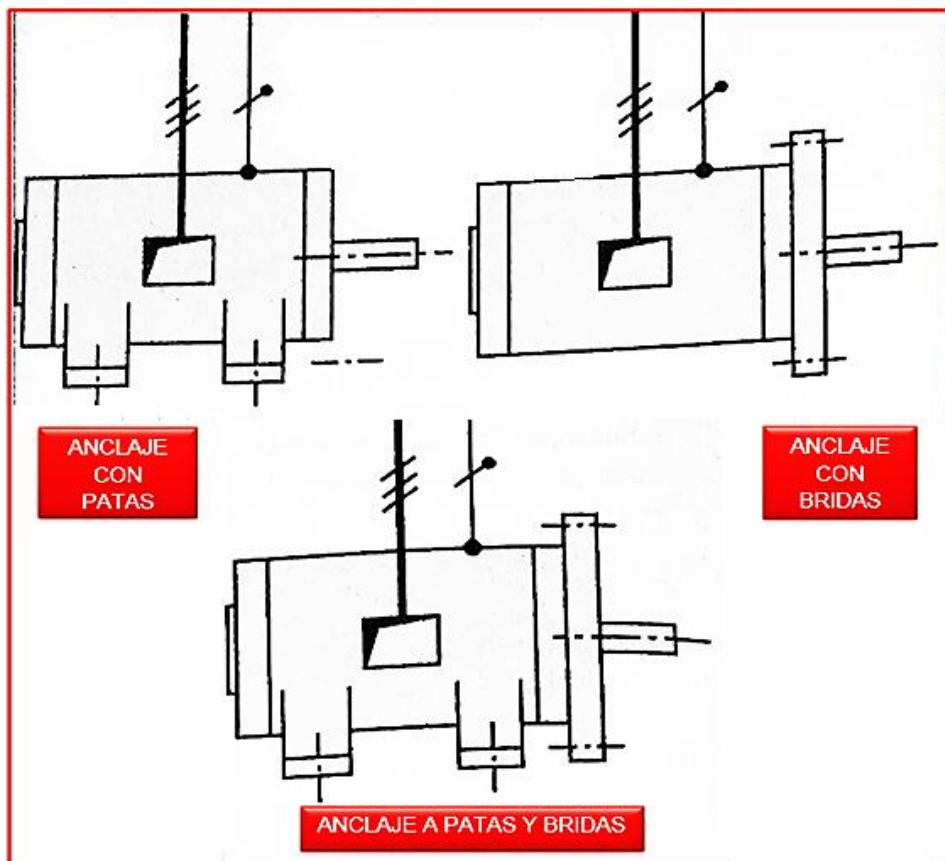


FIGURA 34 Tipos de anclaje para motores trifásicos

Anterior mente se ha hablado de los motores monofásico y sus tipos, las diferencias más importantes con los motores trifásicos son la potencia y la cantidad de fases que estos tienen ,3 fases que no es más que tres grupos de bobinas que están conectadas en serie.

No se hablara de los tipos de motores trifásicos ya que su funcionamiento y forma constructiva es similar a los motores anteriormente hablados, solo se tomara sus bobinados, las partes del motor y formulas.

Cada grupo de bobina (fase) tiene su inicio y final, en este caso se trata de un bobinado concéntrico realizado por polos consecuentes.

Con elementos principales:

- Numero de ranuras..... $K=24$
- Numero de ranuras por polo y fase..... $K_{pq}=2$
- Numero de bobinas por grupo..... $U=2$
- Numero de polos..... $2p=2$
- Numero de fases..... $q=3$
- Paso de principios..... $Y_{120}=4$
- Tabla de principios.....U-1;V-5;W9

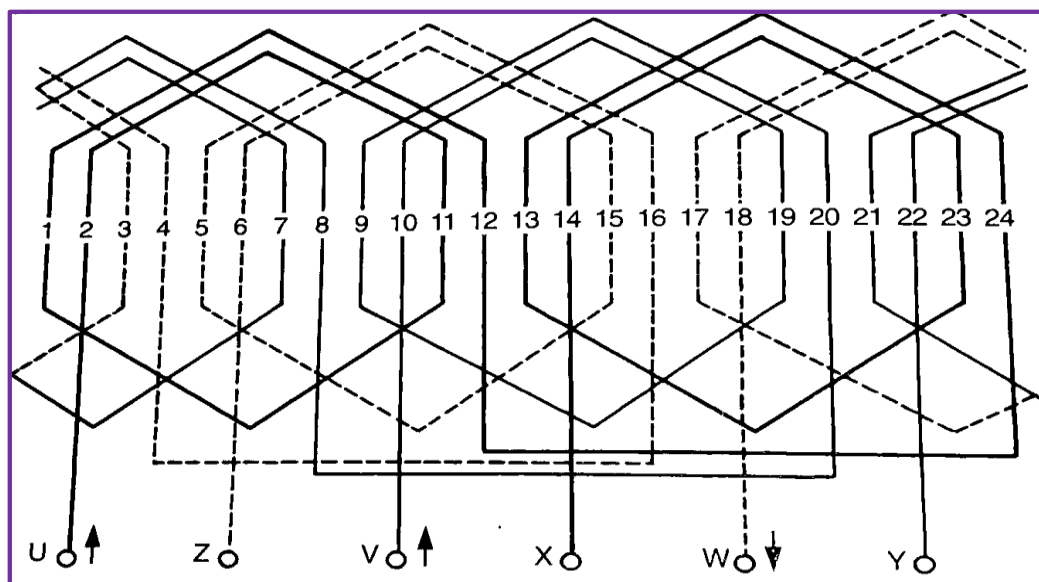


FIGURA 35 Arreglo de bobina internas motor trifásico

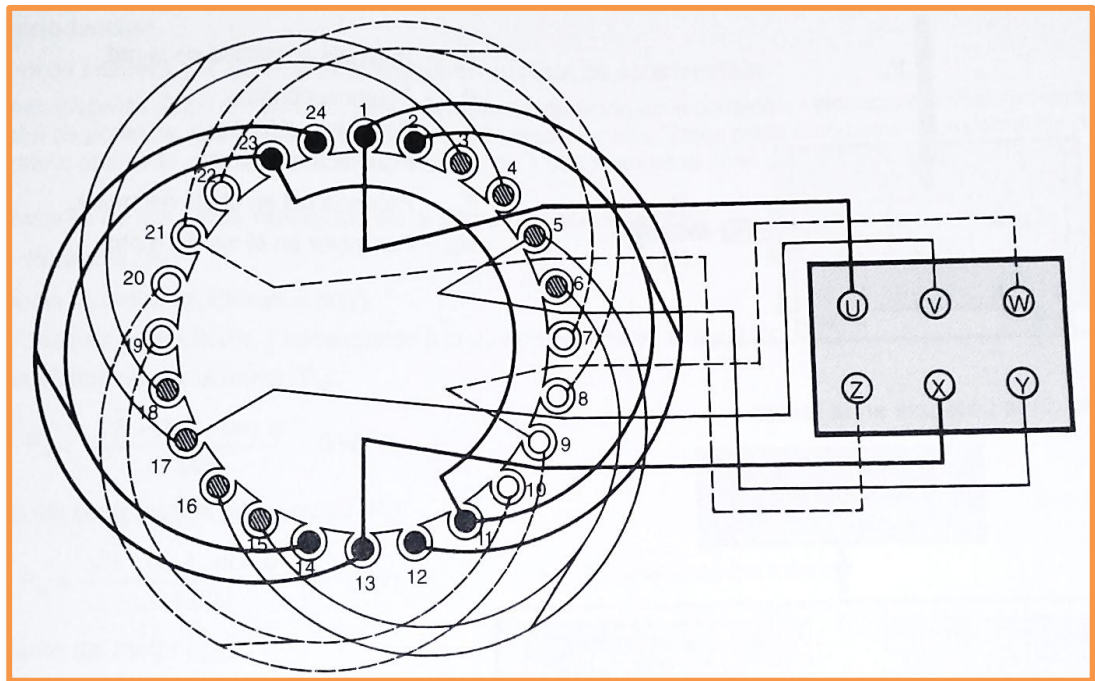


FIGURA 36 Ranuras del estator con bobinas conectadas a las borneras

El bobinado trifásico consta básicamente de:

- Tres grupos o fases de bobinas
- Tres principios de fase (U-V-W)
- Tres finales de fases (Z-X-Y)
- En función del tipo de bobinado y su conexión se obtiene una determinada polaridad
- En función al número de polos se obtiene una determinada velocidad
- El bobinado del motor puede conectarse en conexión estrella o triángulo

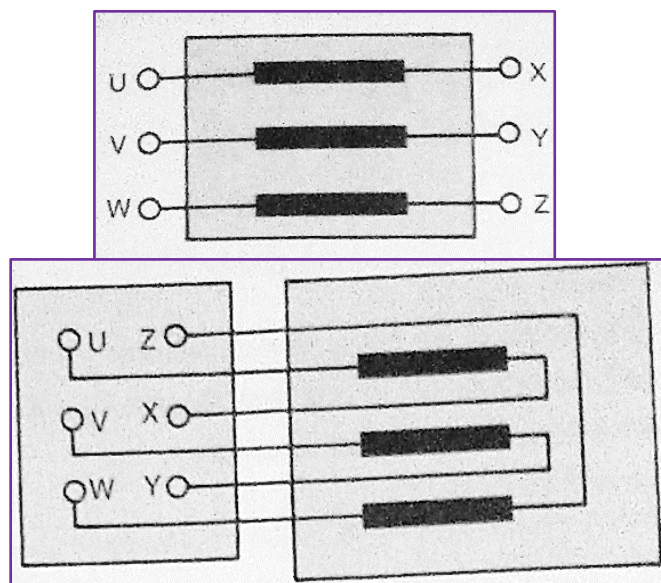
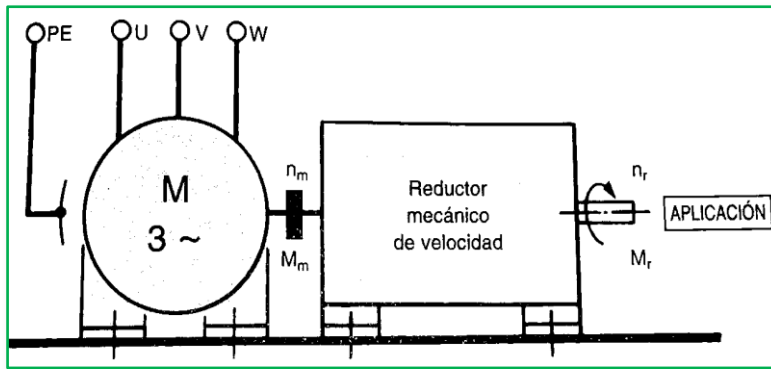


FIGURA 37 Representación gráfica de las bobinas del estator una vez que estas han sido conectadas en serie entre ellas, quedando solo tres fases.



Al reducir la velocidad, se aumenta el par en la aplicación de acuerdo a la siguiente formula:

$$M = \left(\frac{9.550 \cdot Kw}{n} \right) Nm$$
 La potencia útil en la salida del reductor será a la potencia del motor menos la potencia perdida en el reductor.

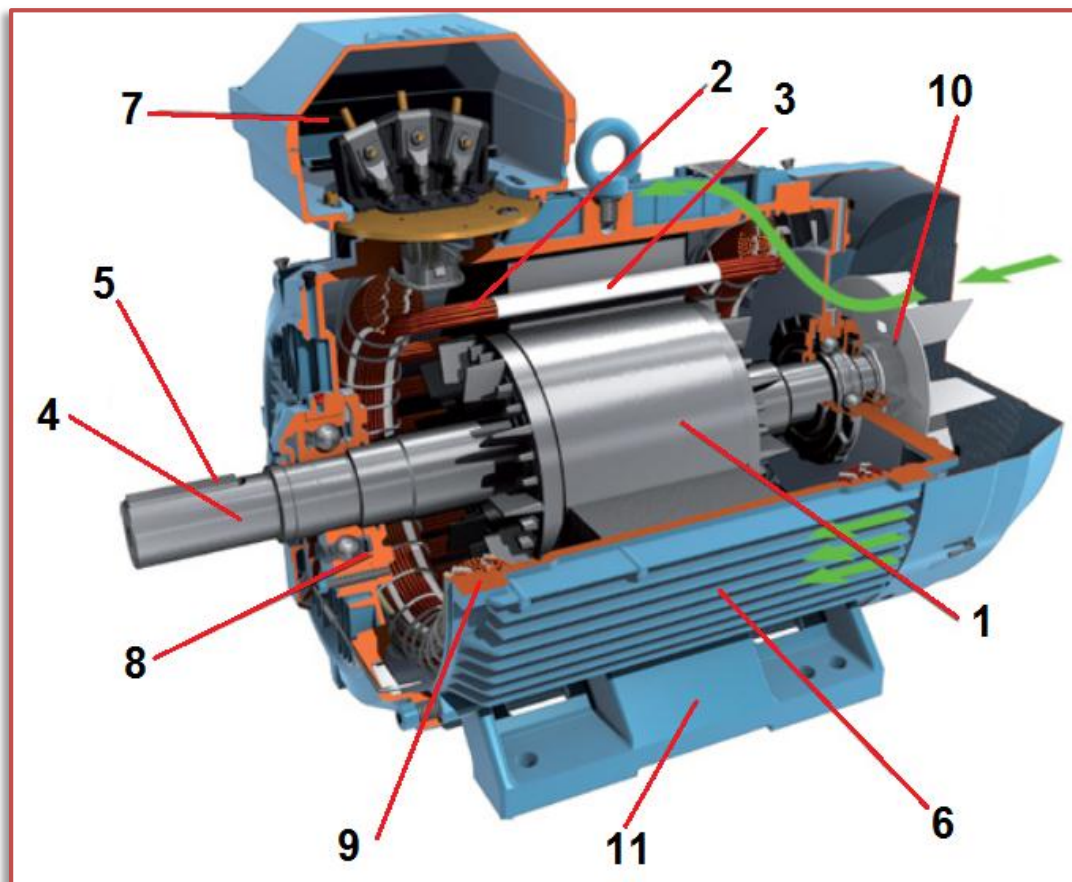


FIGURA 38 Partes de un motor trifásico

1. Rotor. Circuito magnético y circuito en la jaula de ardilla (cortocircuito)
2. Bobinado trifásico con una determinada polaridad.
3. Estator. Circuito magnético en donde se alojan las bobinas (o bobinas estatoricas).
4. Eje del motor punto de aplicación de la energía mecánica.
5. Chavetero del motor.
6. Aletas de disipación de calor.
7. Bornes de conexión del bobinado del motor (6 bornes).
8. Rodamiento o cojinete del motor.
9. Cuerpo del motor o carcasa donde se coloca el rotor.
10. Ventilador accionado por el motor.
11. Patas del motor para anclaje.

El motor es alimentado por una red trifásica equilibrada en el que las tensiones entre L1-L2, L1-L3 y L2-L3 son iguales y se denominan tensión de línea, por otro lado si este está conectado y bobinado correctamente, es considerado un sistema equilibrado por lo que sus intensidad $I_1=I_2=I_3$ son iguales.

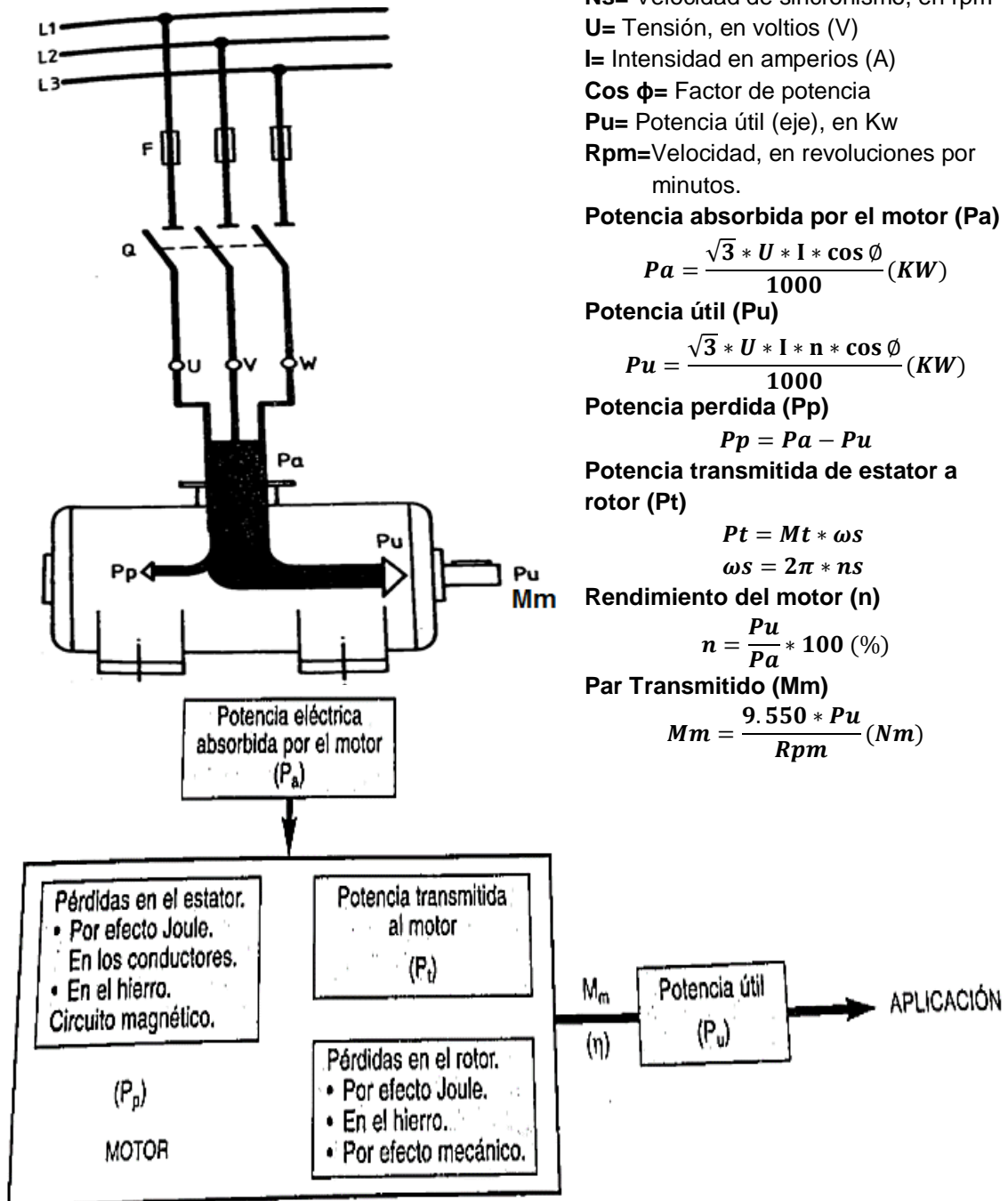


FIGURA 39 Tipos de potencias y pérdidas en un motor trifásico

P_a = Potencia absorbida de la red
 P_p = Potencia perdida por efecto eléctrico y mecánico.
 P_u = Potencia útil en el eje del motor
 M_m o M_t =Par motor en el eje de este.
 W_s = Velocidad de rotación a velocidad de sincronismo
 N_s = Velocidad de sincronismo, en rpm
 U = Tensión, en voltios (V)
 I = Intensidad en amperios (A)
 $\cos \phi$ = Factor de potencia
 P_u = Potencia útil (eje), en Kw
 Rpm =Velocidad, en revoluciones por minutos.

Potencia absorbida por el motor (P_a)

$$P_a = \frac{\sqrt{3} * U * I * \cos \phi}{1000} (KW)$$

Potencia útil (P_u)

$$P_u = \frac{\sqrt{3} * U * I * n * \cos \phi}{1000} (KW)$$

Potencia perdida (P_p)

$$P_p = P_a - P_u$$

Potencia transmitida de estator a rotor (P_t)

$$P_t = M_t * \omega_s$$

$$\omega_s = 2\pi * n_s$$

Rendimiento del motor (n)

$$n = \frac{P_u}{P_a} * 100 (\%)$$

Par Transmitido (M_m)

$$M_m = \frac{9.550 * P_u}{Rpm} (Nm)$$

2.2.2 MOTORES ELECTRICOS DE CORRIENTE DIRECTA

Los motores de corriente directa o continua se utilizan para numerosas aplicaciones en las que entra fundamentalmente la variación de velocidad y se necesita un par constante a baja o alta velocidad, los motores llevan asociados su correspondiente equipo electrónico de arranque para la regulación, a los que llamamos variadores de velocidad

La selección del motor de corriente continua dependerá del tipo de variador de velocidad y de las necesidades de la aplicación, la velocidad de este es proporcional a la tensión del inducido, la potencia es proporcional a la velocidad y a la tensión.

El par en el eje de este es constante en todo el régimen de variación de velocidad, baja y alta velocidad.

Las partes de un motor de corriente directa son:

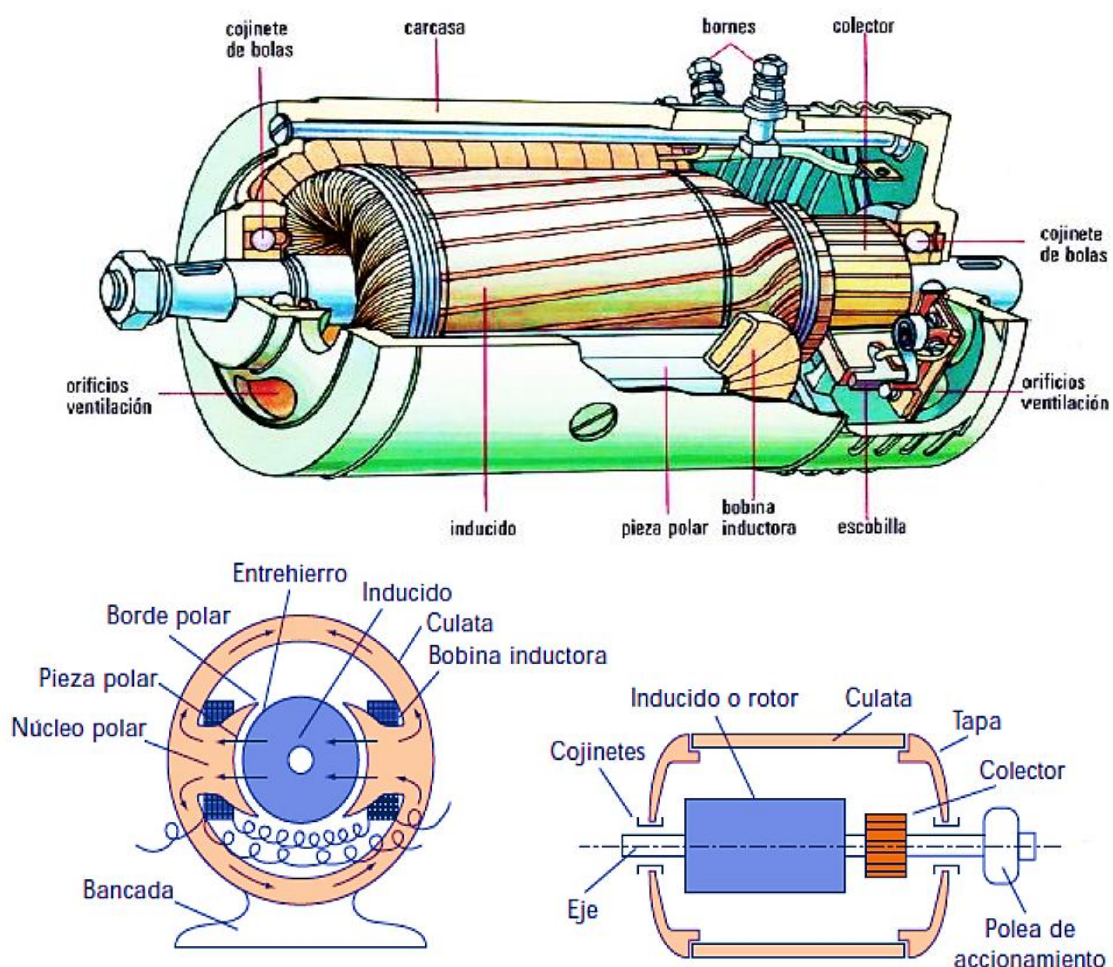
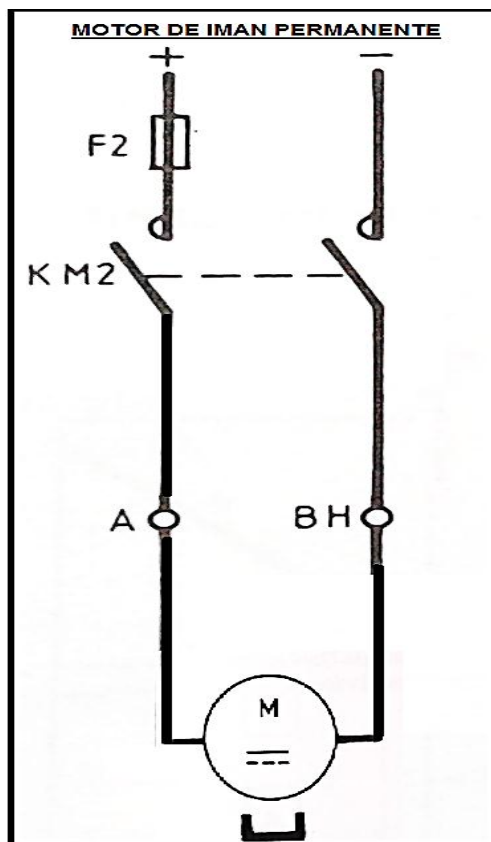


FIGURA 40 Partes de un motor de corriente directa

Como ya se ha mencionado anterior anteriormente existen diferentes tipos de motores dc:

- Motor de excitación independiente
- Motor de excitación serie
- Motor excitación shunt o derivación o paralela
- Motor de excitación compuesta o compound
- Motor de imanes permanentes

Solo se dará una breve explicación del motor usado en el presente trabajo



Este es el motor utilizado en la presente tesis, el cual no necesita un voltaje de excitación en el estator para generar el campo ya que consta con imanes permanentes que generan este, su rotor se excita con diferentes niveles de voltaje según sea la potencia de este en nuestro caso el voltaje máximo que ingresa a este es de 127 voltios de corriente directa, pero nosotros lo utilizamos como generador, ya que su eje esta acoplado al del motor trifásico y el motor DC genera voltaje que es disipado por una resistencia de alta potencia, este motor DC fue escogido ya que no era necesario que se le colocase una fuente en su estator para generar el campo, aumentaría el costo y ya que como tiene imán permanente facilita y disminuye la construcción de equipos electrónicos y costo, ya que sería necesario una fuente DC variable que regule el voltaje del estator en caso de usar otros tipos de motores.

FIGURA 41 Motor de corriente directa de imán permanente

2.3 ACOPLER MECANICOS PARA EJES DE MOTORES

El motor debe estar acoplado a un elemento mecánico para transmitirle su potencia, par y velocidad.

Unas veces el motor va aplicado directamente a la maquina a accionar, como es el caso de los moto reductores, bombas, etc. Otras veces, la transmisión se hace por medio de poleas, piñones, engranajes, etc.

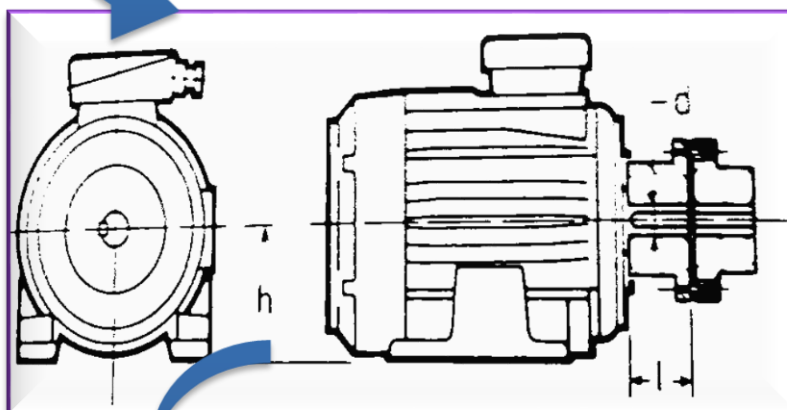
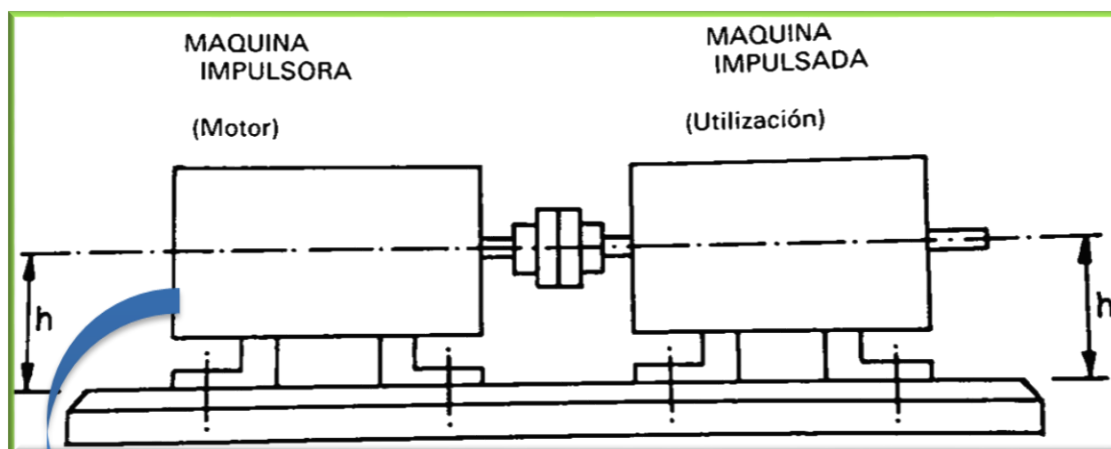


FIGURA 42 Acople mecánico para motor eléctrico

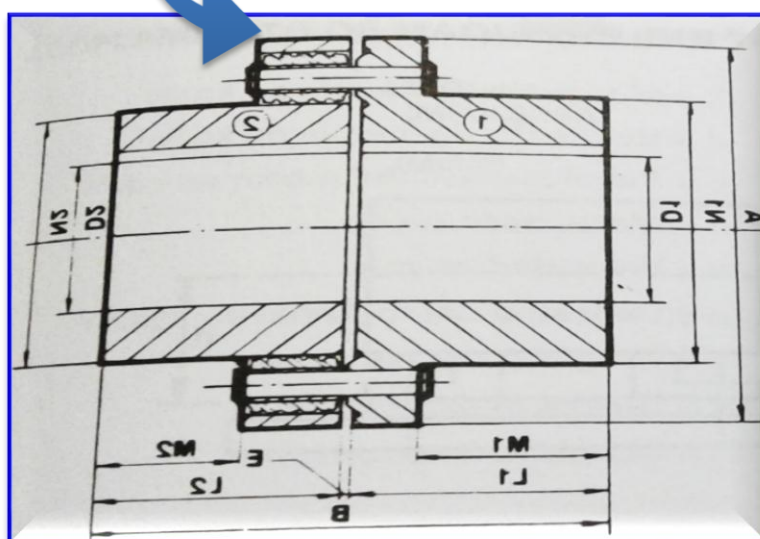
Actualmente existen diferentes tipos de acoples que pueden absorber diversas faltas de alineación, la selección de aquel que absorba la desalineación mayor no siempre es la mejor elección; ya que a veces se produce una desalineación mayor por una reducción en la potencia transmitida o una reducción en la vida útil de los acoplamientos. Los catálogos de los fabricantes enumeran información de diseño del cual se podrá elegir el acoplamiento más apropiado y por lo común desalineación máxima para cada uno, la desalineación puede cambiar por varias razones: el asentamiento de la de la cimentación, el desgaste de los cojinetes y las distorsiones provocadas por vibración y cambios en la temperatura, etc.

En el caso estudiado el motor va unido a la maquina o elemento que recibe la potencia y par motor a través de un acoplamiento.

Idealmente los ejes deberían alinearse de tal manera que ninguna maquina se moverá por encima de la cimentación (base), pero en un hecho real es que siempre habrá alguna desalineación entre el eje impulsor al impulsado.



Vista lateral de un motor eléctrico con un acople mecánico el cual es colocado en el eje de este mediante presión (con un martillo de baquelita) y dos prisioneros (tornillos) en el chavetero del motor ubicado en el eje de este.



Parte interna de un acople tipo rígido, con dos pernos acoplados para una sujeción fija y sin movimientos, donde se puede observar que D_1 y D_2 que son los diámetros de los ejes de las maquinas a acoplar, estos diámetros pueden ser distintos siempre y cuando el motor este nivelado con calzas o chapas metálicas.

FIGURA 43 Partes de un acople mecánico

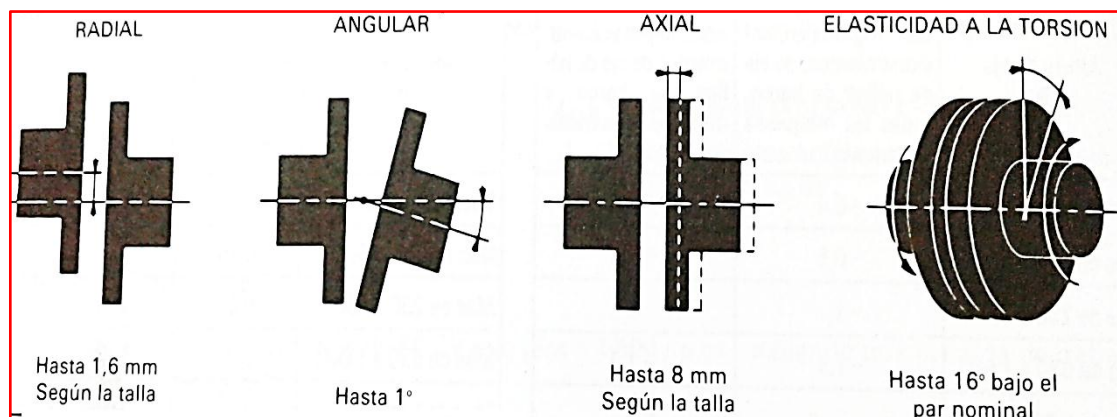


FIGURA 44 Desalineaciones típicas en acoples mecánicos

Acoplamientos rígidos:

Son empleados para acoplar dos ejes que requieran de buena alineación. La capacidad está en relación directa con la capacidad de transmisión del eje al cual se va a acoplar y se selecciona según los diámetros de los ejes.

Acoplamientos flexibles:

Reciben el nombre porque permiten una pequeña desalineación de los ejes. Este desalineamiento es absorbido por las juntas, enlaces o componentes del acoplamiento, de las fuerzas que provocan cargas axiales, radiales o combinadas.

Los acoplamientos flexibles tienen limitada su capacidad normal por las tensiones máximas de sus elementos flexibles. Sus elementos flexibles están en capacidad de absorber los esfuerzos de arrancado, haciéndolas más suaves.

La capacidad de carga de un acoplamiento debe estar relacionada con:

- La potencia a transmitir.
- Características de la transmisión.
- Velocidad, revoluciones por minuto.
- Dimensiones de los ejes a acoplar.

ACOPLAMIENTOS RIGIDOS

Los acoplamientos rígidos más usados son de brida o plato y los de manguito partido.

2.3.1 ACOPLAMIENTOS RIGIDOS CON BRIDA

Está compuesto por dos platos con una serie de agujeros para colocar los tornillos de unión. Van montados en los extremos o bordes de los ejes. Generalmente llevan un sistema de encaje para asegurar un riguroso centrado.

Este tipo de acople es el utilizado en la presente tesis ya que se requiere que los ejes tengan la mínima desviación para las pruebas de carga del motor.

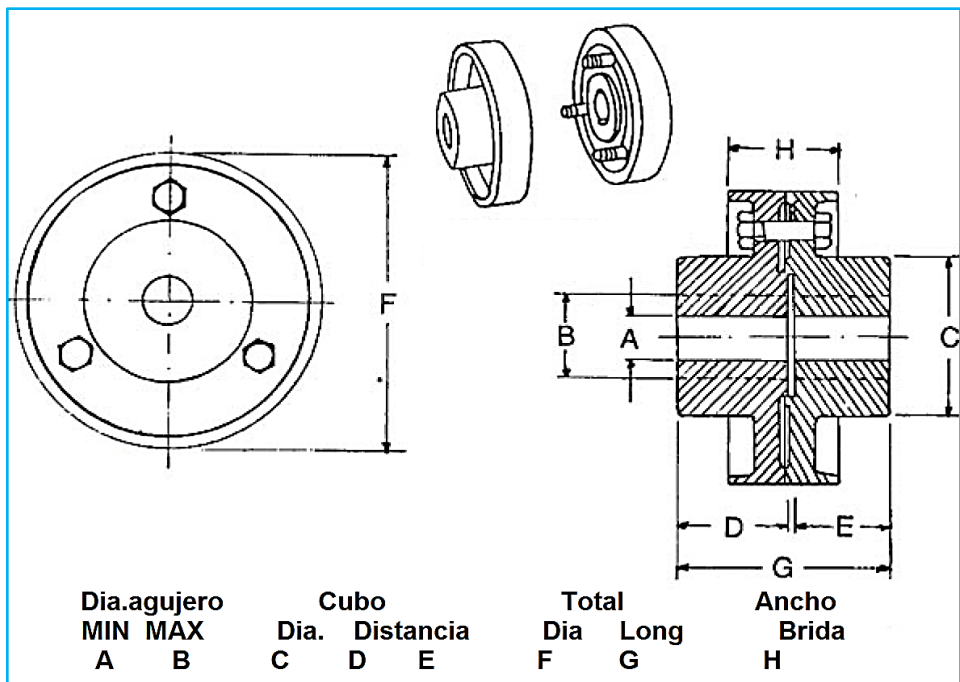


FIGURA 45 Acoplamiento rígido con brida

2.3.2 ACOPLAMIENTOS RIGIDOS CON MANGUITO PARTIDO

Están compuestos por dos mitades concéntricas y unidas por tornillos y tuerca. Al ser ajustados realizan la unión de los ejes.

Se debe conocer que cada tipo de acople está diseñado para una potencia en CV o HP y una cantidad de RPM.

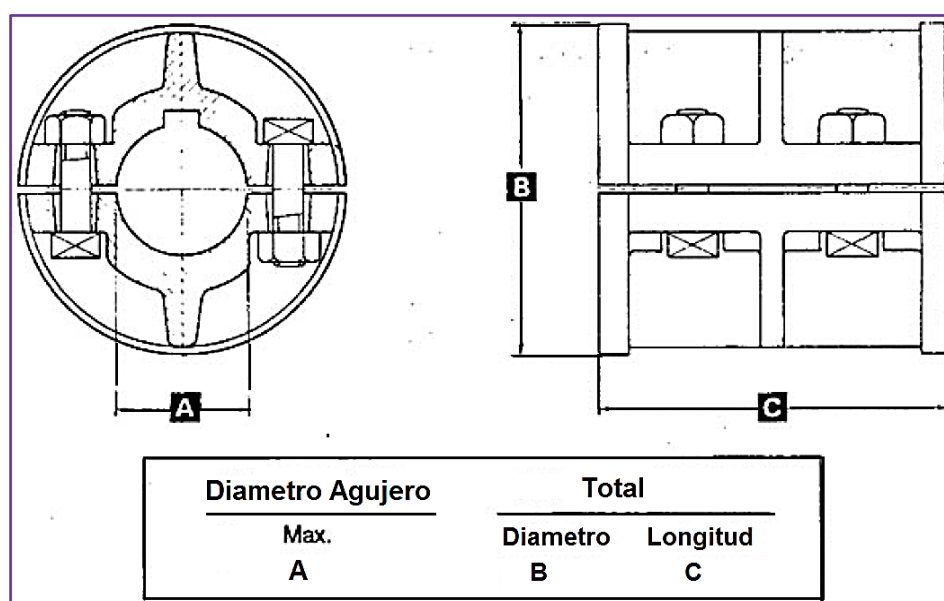


FIGURA 46 Acoplamiento rígido tipo mango partido

2.4 COMPONENTES ELECTRONICOS DE POTENCIA PARA LA CONMUTACION

La electrónica ha abierto las puertas a distintos sistemas de control y más aún si hablamos de la electrónica de potencia que es una de las usadas en el ambiente industriales yaqué cuentas componentes de conmutación de diferentes tipos de velocidades de conmutación y potencia muy utilizados en variadores de velocidad y otros elementos en la industria.

La lista de los elementos de conmutación o switch de potencia es muy variada y con diferentes usos, mencionaremos los más comunes y luego hablaremos de los más utilizados en la industria.

Dentro de los elementos de conmutación de potencia usados en la industria tenemos:

- Transistor de potencia (en versión NPN y PNP)
- Triac
- Diac
- Diodo
- Tiristor o SCR
- GTO
- Jfet
- Mosfet
- IGBT

MOSFET:

Mosfet se está volviendo más popular para aplicaciones de conmutación a baja potencia y alta frecuencia (a unos KW y desde 100s a KHZ). Es un dispositivo de tres terminales – drenador (D), fuente (S) y compuerta (G). Drenador y fuente es el par terminal de potencia. Fuente y compuerta es el par terminal de control. La puerta está aislada del resto del dispositivo, por lo tanto no consume corriente estática. Solo funciona cuando la compuerta está cargada a un potencial de voltaje con respecto a la fuente, una ruta conocida como el canal establecido entre el drenador y la fuente. El flujo de corriente se vuelve posible a través del drenador y la fuente.

Dentro de los tipos de Mosfet utilizados el tipo N es el más usado que el tipo P por sus características Voltaje–corriente, para que sea utilizado como conmutador o switch se utiliza dos estados ampliamente conocidos la región de corte (estado apagado) y el estado saturado.

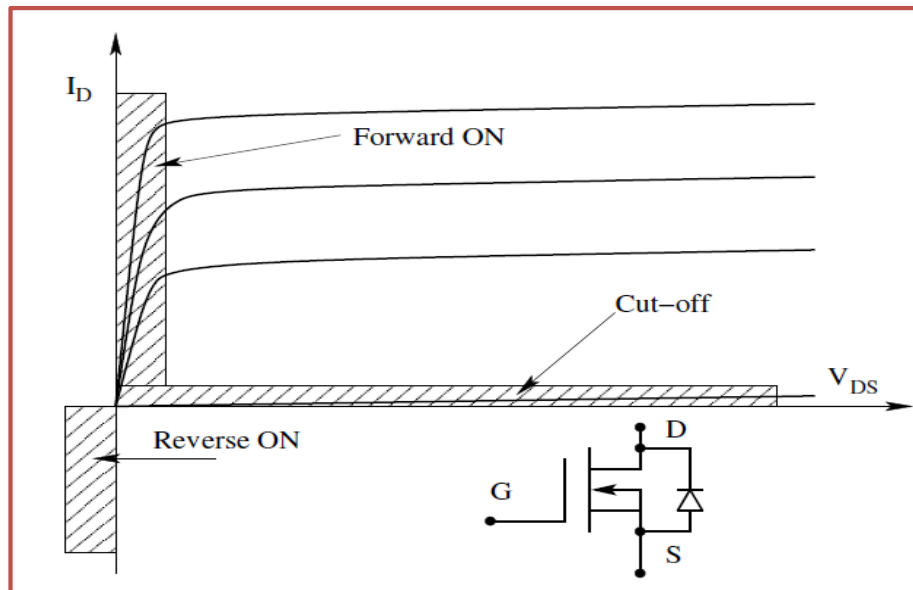


FIGURA 47 Curvas características de estado estable de un MOSFET

Se puede observar las dos regiones de operación la región de corte (estado OFF) cuando V_{GS} (voltaje compuerta fuente) es cero y región resistiva (estado ON) cuando V_{GS} (voltaje compuerta fuente) es mayor que el voltaje mínimo de encendido que esta entre 11 y 16 voltios dependiendo de forma que se ha construido el dispositivo y los datos del fabricante este dispositivo no tiene bloqueo reverso internamente es por eso que se le agrega un diodo en reversa, que se encarga de conducir la corriente de regreso algunos encapsulados poseen este diodo pero no es muy común que venga con uno se tiene que colocar exteriormente.

Las características de un MOSFET en aplicaciones de switching son:

1. El dispositivo nunca se apaga del todo o se abre del todo siempre existe una pequeña corriente que este deja pasar a través del drenador a fuente.

$$I_{off} = I_{DSS} \neq 0 ; 0 \leq V_{DSS} \leq BV_{DSS};$$

En el estado ON el dispositivo es equivalente a una resistencia, por lo tanto la corriente pico y la drenada tiene un límite.

2. Tiene dos tipos de disipación en estado ON conduce y estado bloqueado OFF.

$$P_{on} = I_{on}^2 r_{ds(on)} \text{ (Conduction loss)} \quad P_{off} = V_{DS} I_{DSS} \text{ (Blocking loss)}$$

3. Los requerimientos para entrar en los dos estados son:

$$V_{gs} < V_{gs(th)} \text{ (OFF state)} \quad V_{gs} > V_{gs(th)} \text{ (ON state)}$$

4. La conmutación toma un tiempo finito para cambiar del estado ON al estado OFF después de que el voltaje de compuerta se haya establecido.

2.5 FRENADO DE MOTORES ELECTRICOS

El frenado de los motores eléctricos resulta muy importante en determinadas maniobras. De un buen frenado depende la calidad y la precisión de la maniobra, así como la seguridad y eficacia de la misma.

Se debe aclarar desde el principio, que no significa lo mismo parar que frenar. Se puede hacer una parada rápida del motor, pero no ser un frenado del motor o de la máquina.

Un motor o una máquina están frenados, cuando sus órganos de rotación permanecen bloqueados, es decir, sin posibilidad de rotación.

Un órgano mecánico accionado por un motor se frena rápidamente, cuando lleva incorporado un sistema o equipo de frenado.

Existen una variación muy amplia de los diferentes tipos de frenos para motores tales como: Frenos mecánicos (a este grupo pertenecen los electro frenos), frenado por contracorriente (inversión brusca o inversión suavizada por resistencia), frenado por corriente continua (el freno se realiza a través del devanado del propio motor con su circuito magnético), freno hidráulico, freno de disco o de volante con zapatas, freno neumático, freno accionamiento por palanca, freno prony, etc. Como se puede ver la cantidad de variaciones es abarca muchos aspectos solo se mencionara el tipo de freno utilizado en la presente tesis que lleva el nombre de **Frenado reos tatico no regenerativo**.

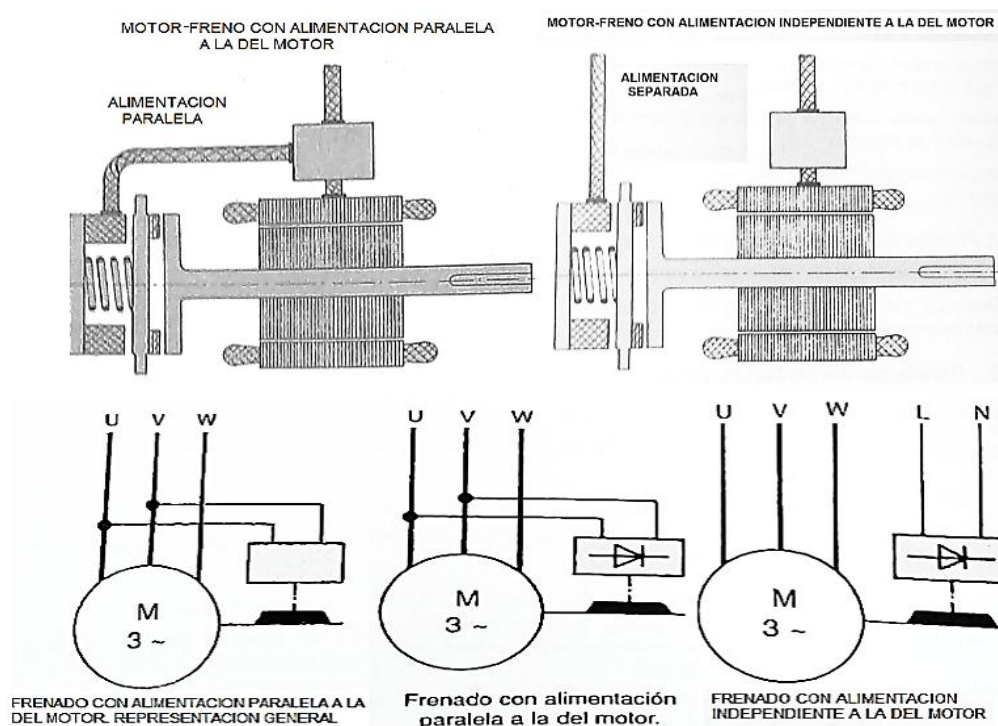


FIGURA 48 Frenos de motores eléctricos

Frenado Reostático:

La energía eléctrica producida por los motores es disipada en forma de calor por medio de un banco de resistencias. Son necesarios grandes ventiladores para enfriar las resistencias y evitar daños. Los sistemas modernos tienen monitoreo de la temperatura, de tal forma que si la temperatura del banco alcanza valores excesivos es desconectado, y vuelve a funcionar el sistema de frenos sólo.

Generalmente estos frenos para motores se utilizan para funcionamiento de unos minutos no de una manera continua y el tipo de resistencias son de bajo inductancia y de alta potencia para que puedan disipar la mayor cantidad de potencia, en nuestro caso el valor de la resistencia ronda entre 0.9 y 1.2 ohms ya que el arreglo es de una maquina DC de imán permanentes acoplada al eje del motor trifásico y a este motor DC se le conecta en paralelo un par de resistencias en sus bornes, ya que al iniciar su rotación el motor trifásico también inicia el giro del motor DC y este se comporta como un generador y su voltaje es consumido por las resistencias este es un frenado no un paro ya que este es controlado para poner al motor trifásico en diferentes estados y poder realizar la pruebas correspondientes.

Como un dato extra ya que estas resistencias van a estar expuestas durante el tiempo que dure la prueba es mejor que sean del tipo abiertas (sin recubrimiento), y que deban estar expuestas al ambiente y no cerradas para que puedan disipar con mayor rapidez el calor generado por la corriente del motor DC.

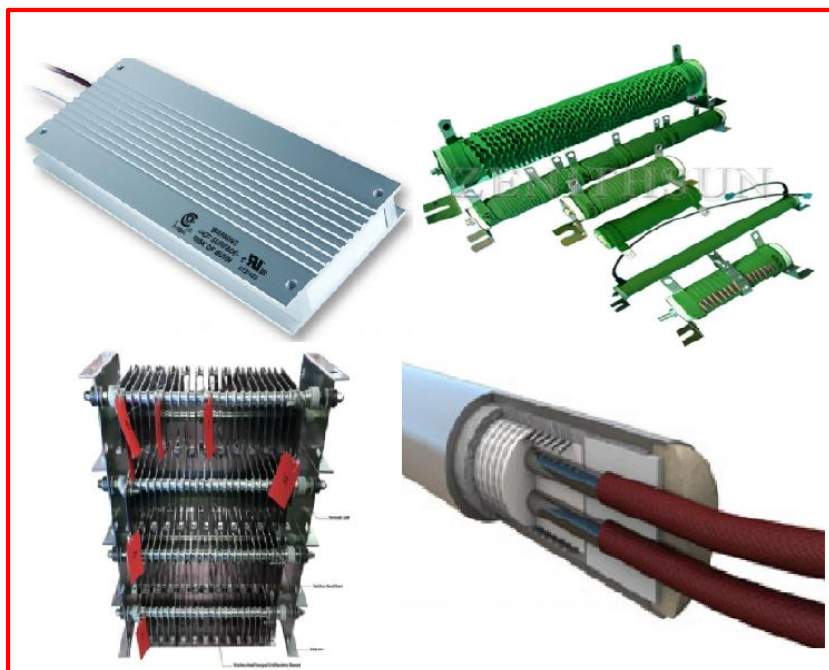


FIGURA 49 Tipos de resistencias de frenado

CAPITULO 3

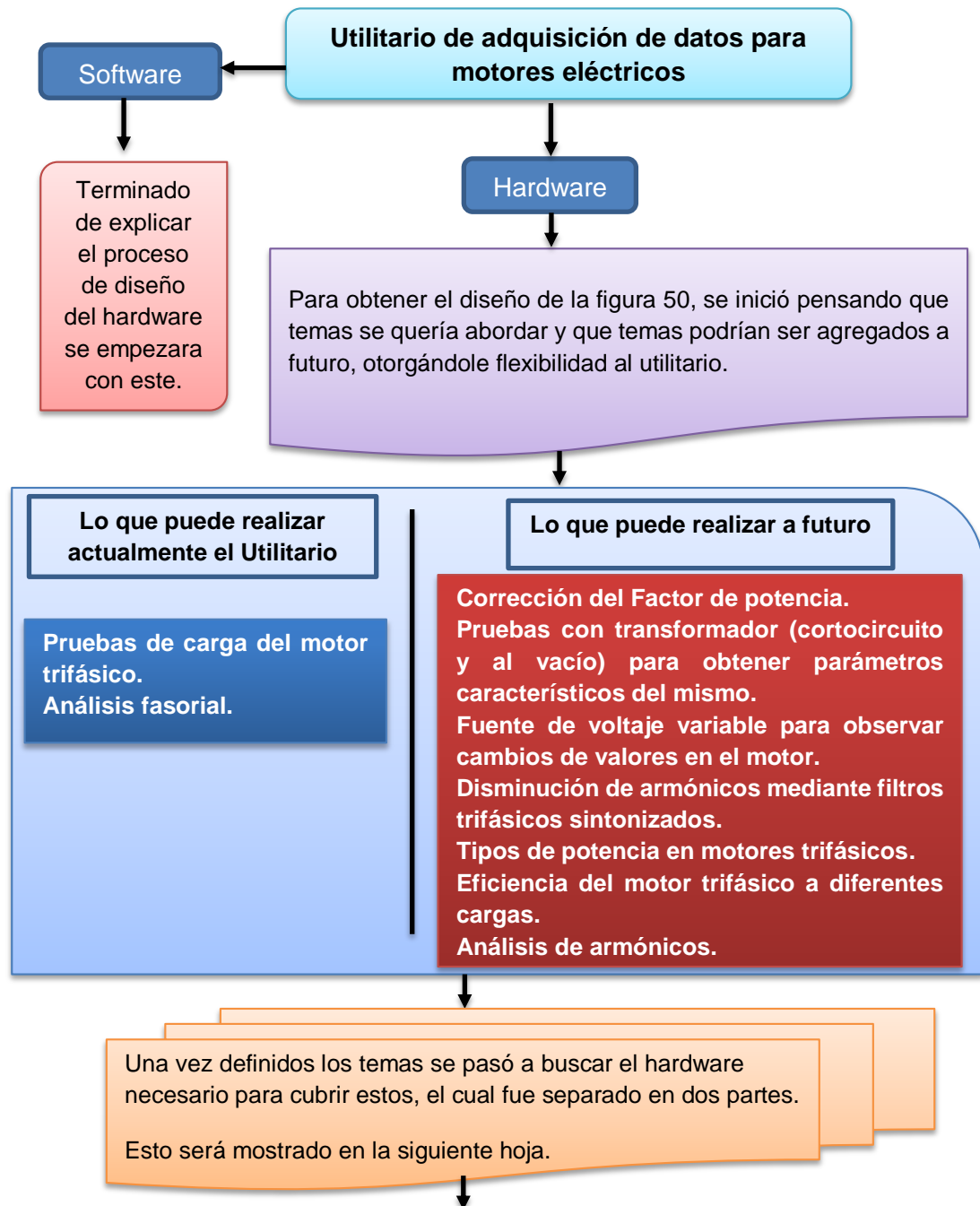
DISEÑO DEL UTILITARIO

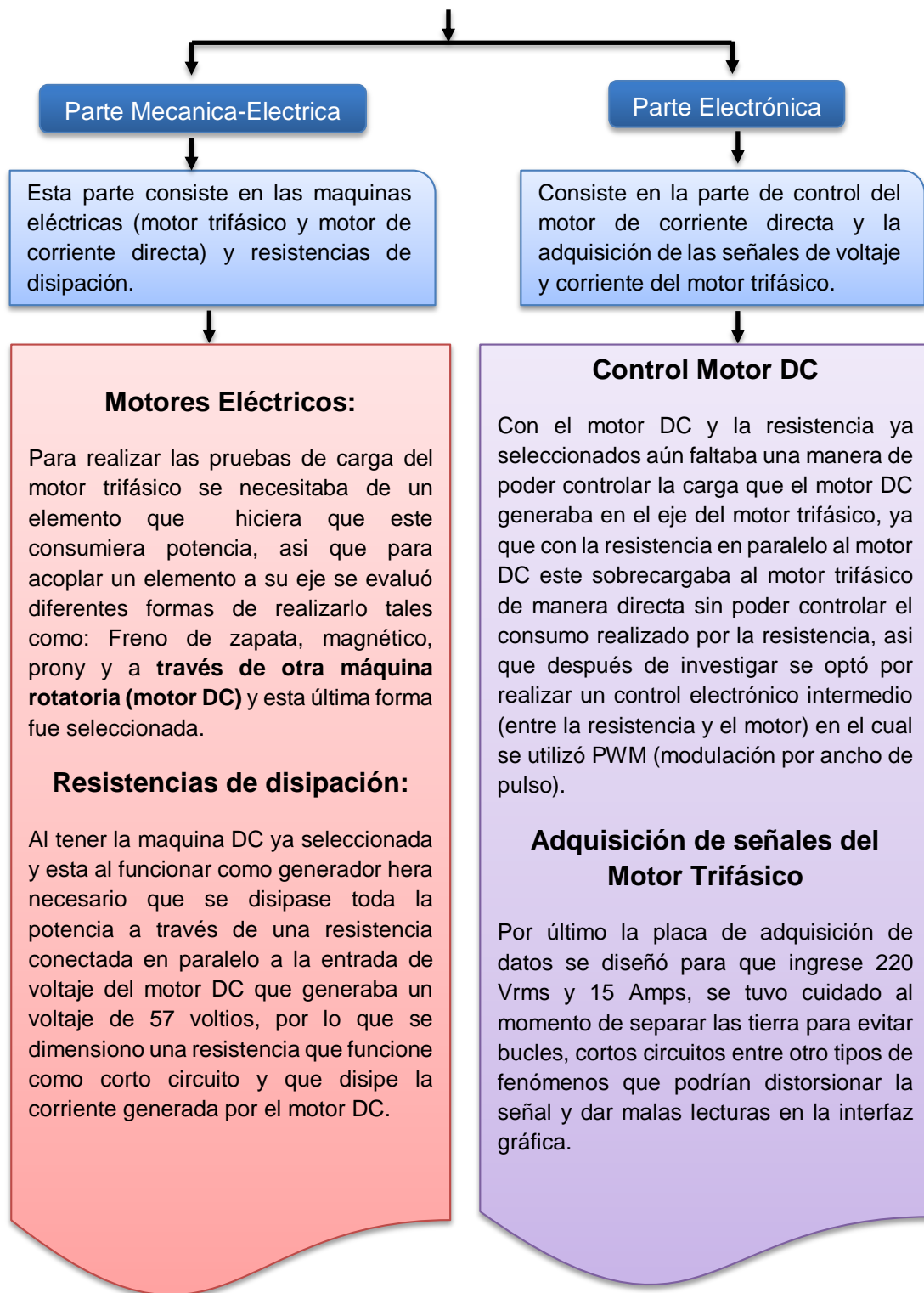
DISEÑO DEL UTILITARIO

3.1 DIAGRAMA GENERAL DEL UTILITARIO

En proceso de diseño se contempló el mantener una relación entre la máxima cantidad de temas que pueden ser abordados por el utilitario, costo y tiempo que serían necesarios para este aborde todos estos.

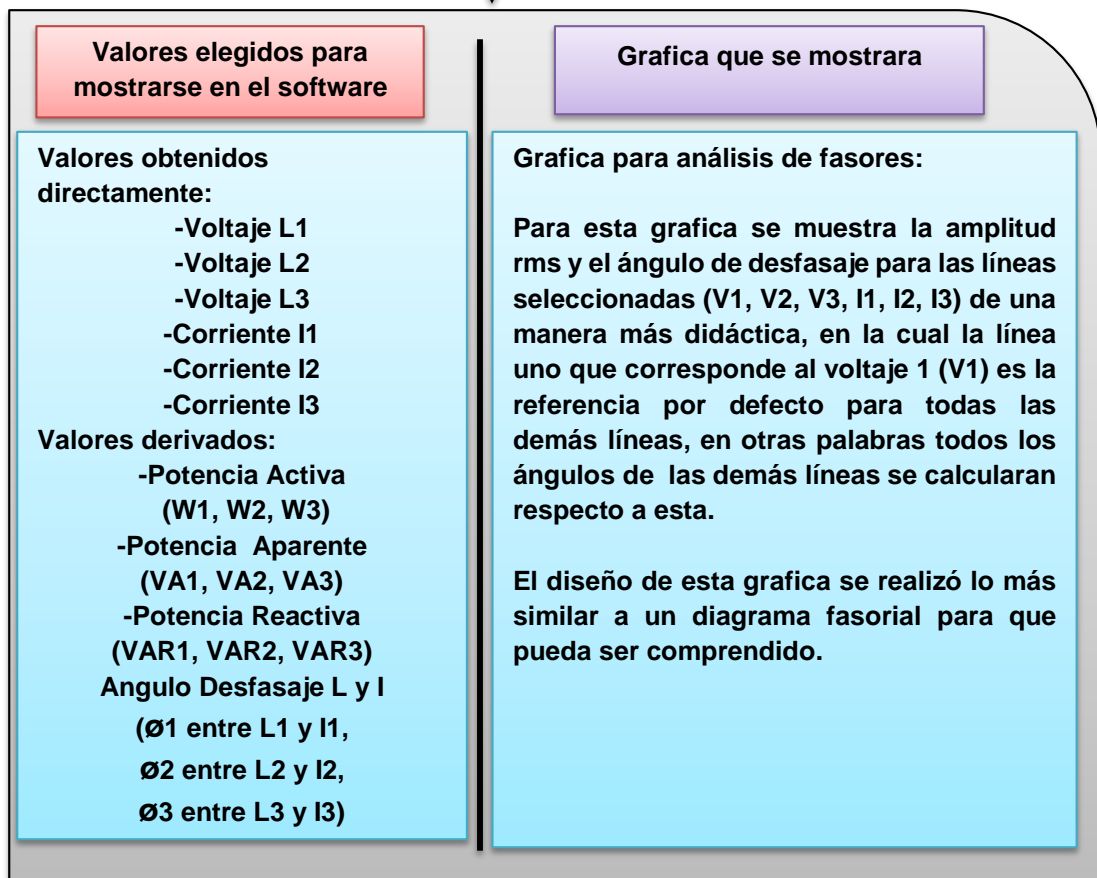
Se expondrá un diagrama del proceso de diseño:





Software

Para obtener el diseño de este, primero se tuvo que pensar que valores podían ser mostrados en la interfaz (principales y derivados), tipo de gráficas y por último el diseño entero de la interfaz para que el uso de esta sea fácil de comprender por el usuario.



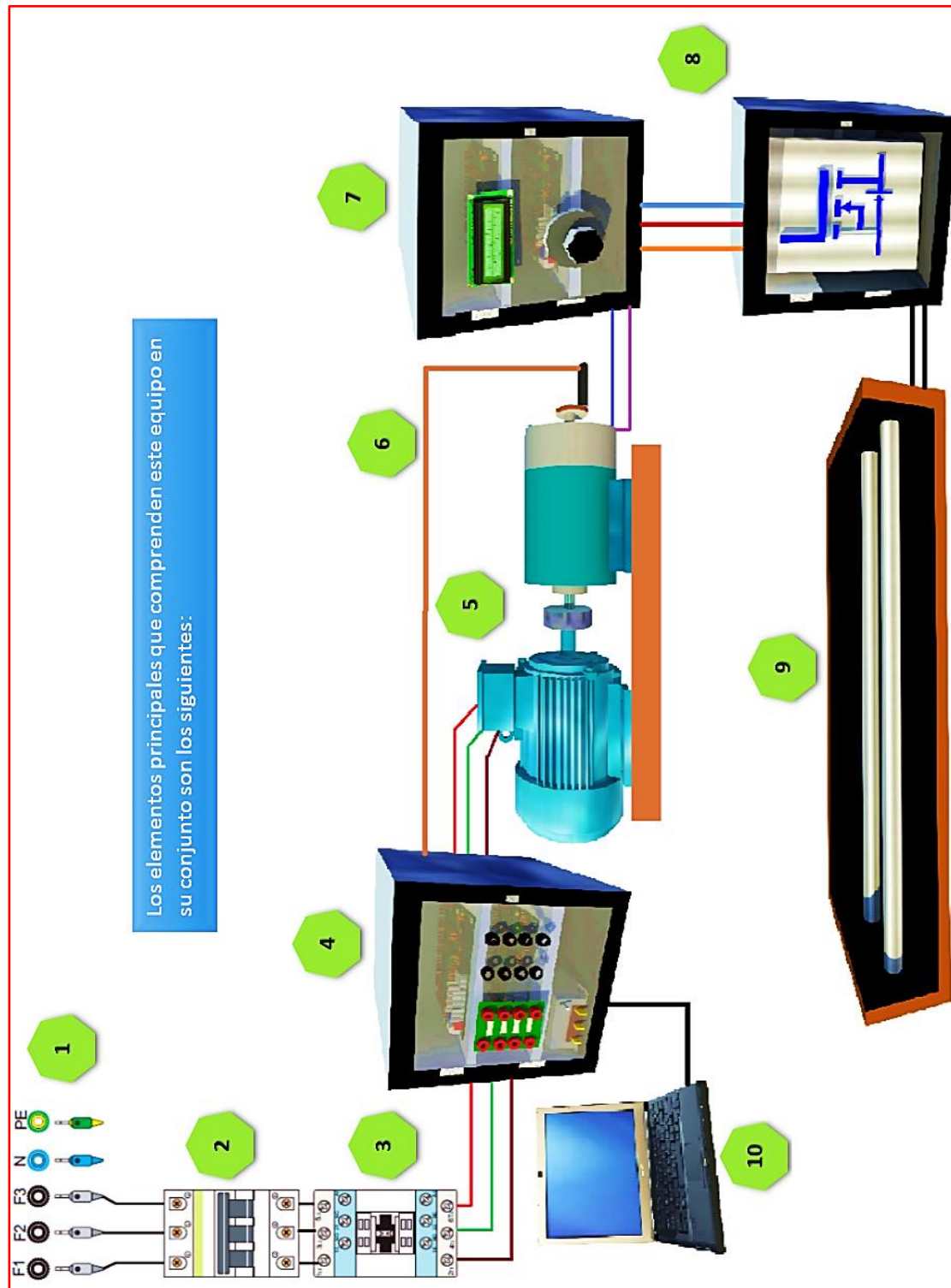


FIGURA 50 Diagrama general del utilitario de adquisición de datos

Se pasara a describir los puntos de la figura 50 de los cuales se hablara en detalle en las siguientes hojas.



Red trifásica de corriente alterna, esta puede ser de diferentes configuraciones de acuerdo con los tipos de redes de distribución eléctrica. tales como esquema TT (tres fases y un neutro) o esquema IT (tres fases sin neutro)



Interruptor termomagnético trifásico este se calcula obteniendo la corriente nominal del motor pero también cuidando el amperaje de arranque la fórmula es $I = P / (1.732V \cdot N \cdot FP)$ donde I es la corriente en amperes, P es la potencia en watts, V es el voltaje de alimentación de tu motor. N es la eficiencia del motor.



Contactor trifásico es el interruptor utilizado para la maniobra del motor trifásico y el encendido y apagado de este, ya que su principal componente es un electroimán con forma de bobina que genera un campo magnético que permite accionar los elementos mecánicos en el dispositivo.



Tarjeta de adquisición de datos con 4 entradas de voltaje aisladas una de otra con un voltaje máximo de 220 Vrms, tres entradas de corriente aisladas de 15 amperios, un puerto USB para el envío de los datos y una entrada para RPM



Motor trifásico de 0.5 hp esta es la maquina en la que se realizara las pruebas sin carga, carga nominal y sobrecarga, esta acoplado a un motor de imán permanente de 2hp (funciona como generador) mediante un acople tipo liso.



Para medir las **revoluciones del motor** trifásico, se acoplo un material plástico de color negro al eje del motor DC el cual bloquea la luz proveniente del sensor de rpm que contiene un diodo emisor y receptor con velocidad de respuesta de



Módulo de control de carga mediante modulación de ancho de pulso, regula la cantidad de corriente que consume de motor DC al estar funcionando como generador, de esta forma varia las cargas del motor trifásico.



Switch mosfet de potencia funciona como conmutador entre el estado encendido y apagado controlado por el módulo de control de carga.



Cargas resistivas disipan el calor generado por la corriente al pasar por ellas que proviene de la modulación estas son de 2 ohm y 2kw cada una que en paralelo conforman una sola resistencia de 1 ohm y 4kw.



Computadora para análisis y muestra de datos adquiridos de las fases conectadas en sus borneras que reciben la tensión y corriente de entrada.

En la figura 50 se observa las partes del utilitario de adquisición de datos ya ensambladas y acopladas, inicio como un simple bosquejo luego ya con un panorama más completo se pasó a diseñarlo por computadora así como las medidas correspondientes para luego ser enviado a un carpintero metálico que con el diseño en 3D tuvo una mejor idea de lo que se requería, el programa de 3D utilizado para obtener la representación fue elegido en base a su practicidad y su facilidad de aprendizaje ya que el tiempo de desarrollo ameritaba.

SketchUpPro2015 fue utilizado para la realización del diseño final.



FIGURA 51 Proceso de diseño en 3D del utilitario

Se pasara a mostrar una representación 3D de la dimensión del armazón y sus partes ya que este es desmontable para su transporte, así como también se mostraran los diagramas de conexionado eléctrico para las instalaciones del motor trifásico y el utilitario.

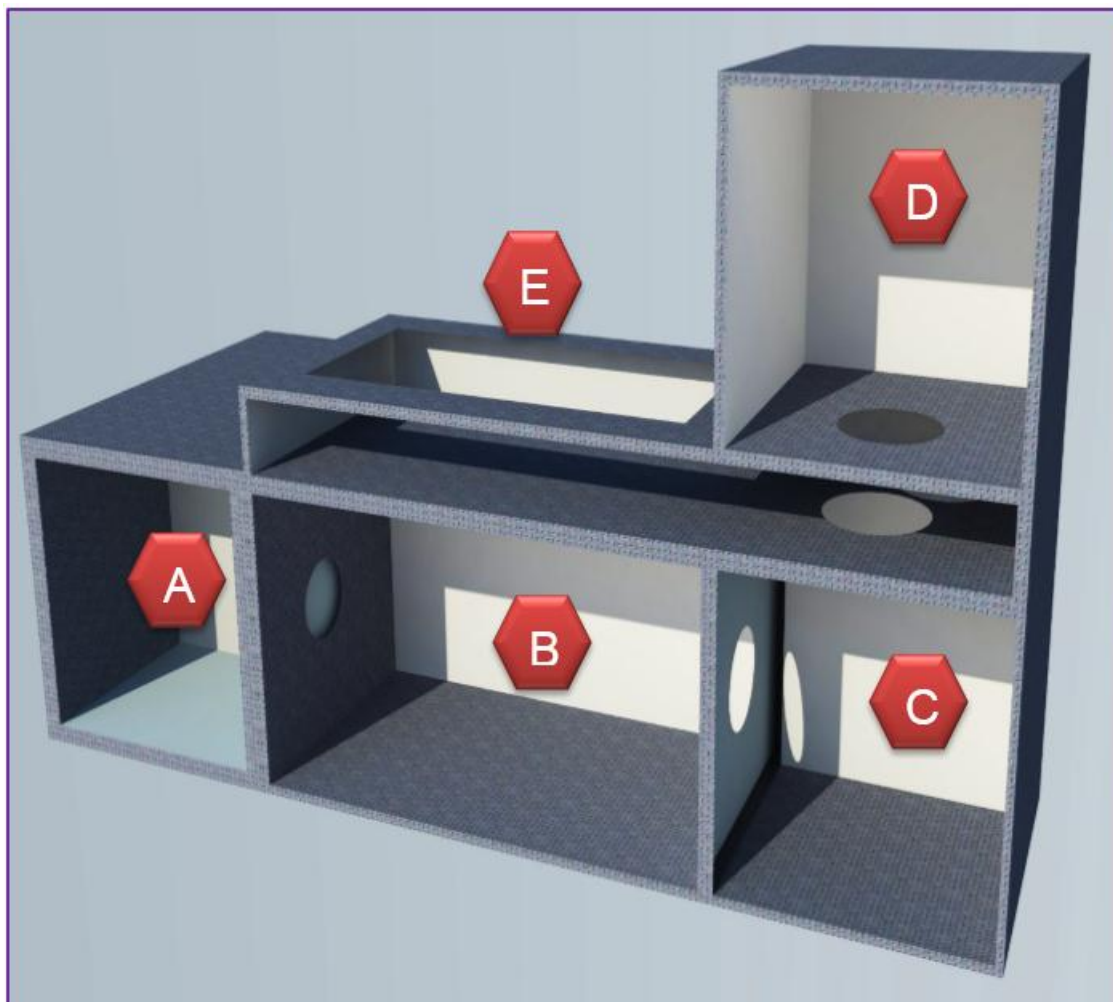


FIGURA 52 Estructura metálica final del utilitario

La figura 52 es la forma final de la estructura que contiene las partes del utilitario de adquisición de datos se puede observar que está dividida en cinco secciones las cuales albergan las diferentes placas electrónicas, las fuentes de poder, las maquinas eléctricas, los sensores, los elementos de disipación y conmutación que conforman el utilitario, ahora para poder conectar estos elementos tanto la parte eléctrica como la electrónica se ubicó cuatro circunferencias por las cuales se conectó cada módulo o cajón con el siguiente, tanto para cableado de alimentación de las placas como cableado de control y envío de datos de los elementos.

3.2 BLOQUE DE ADQUISICION Y ENVIO DE DATOS

Este bloque módulo fue diseñado específicamente para la adquisición de voltajes y corrientes alternos pertenecientes al motor trifásico de 0.5 hp y enviarlos a la computadora de escritorio para su posterior muestra en la pantalla de esta, así como el ingreso de los rpm por parte del sensor.

El diseño de esta parte y la obtención del modelo final, no solo se tuvo en cuenta la parte de la adquisición de la señal y el envío, también se tomó con cuidado el tema de la protección contra picos y cortocircuitos por parte de la red que alimenta las placas electrónicas.

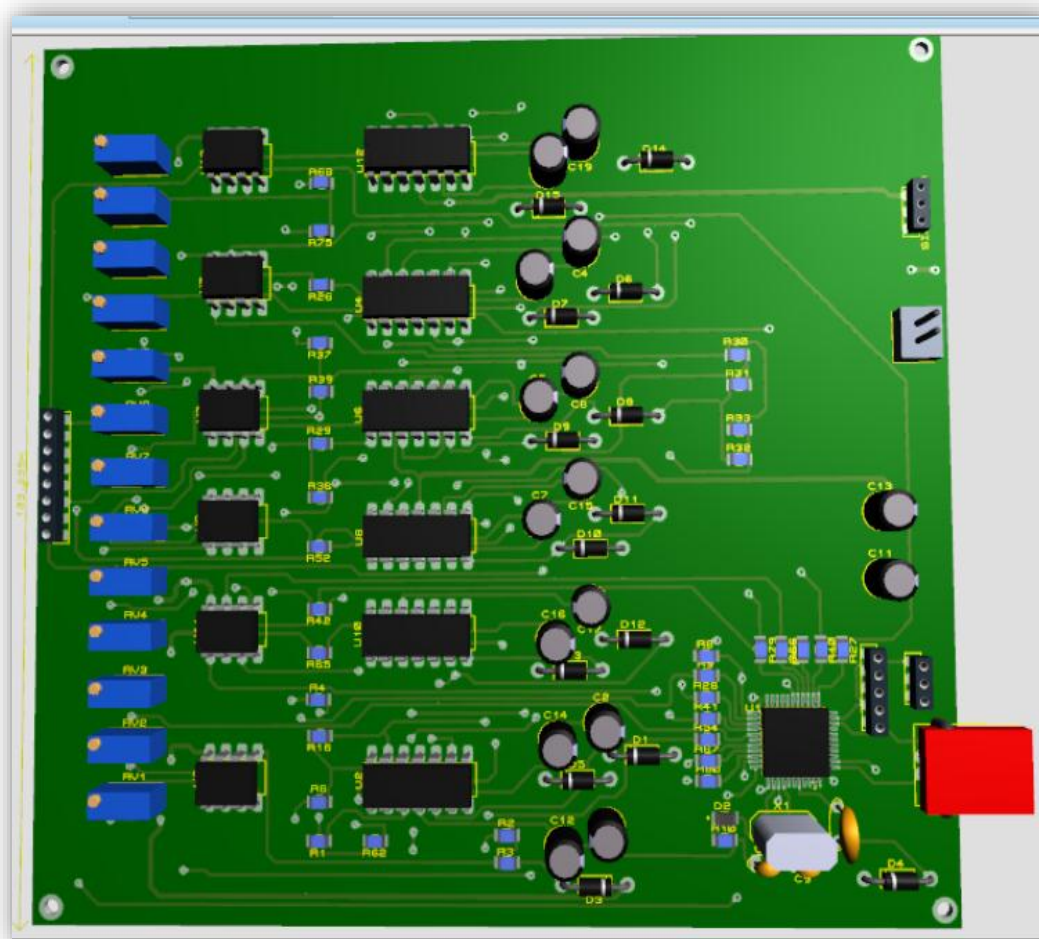
Ahora en esta parte del utilitario el ingreso del voltaje y corriente está limitado a unos 220 voltios rms por parte del voltaje y unos 15 amperios en la parte de entrada de corriente por motivos de resolución y nivel de referencia internos de la propia placa, pero pudiendo llegar a 32 amperios y 440 Vrms con algunas modificaciones.

Las partes internas que conforman este bloque son, al inicio por donde se conecta la tensión de 220 Vrms para energizar esta parte tiene un filtro EMI que reduce los ruidos de alta frecuencia de la propia red este soporta 220 voltios de alterna y 10 amperios así que es más que suficiente para nuestro diseño, luego de esta parte inicial en el diseño se contempló la siguiente etapa la de protección de sobre corrientes y sobre voltajes para evitar que cualquier cambio en la red dañe las fuentes y la placa de adquisición de datos, por lo que se utilizó elementos de protección como varistores y fusibles, luego la tercera etapa se utilizó un transformador de tensión de relación 1:1 de 6 amperios para aislar de la red a todo el bloque completo.

Para la placa principal de adquisición de datos, esta tiene su propia fuente de +5 voltios para cada señal en otras palabras 4 fuentes con puntos de referencia distintos para para las entradas de voltaje y 3 fuentes con las mismas características que las anteriores para las señales de corriente, que hacen un total de 7 fuentes de +5 voltios a 450ma de salida.

Este fue el diseño propio del tesista al igual que las demás placas electrónicas en la presente tesis en las cuales se efectuaron diferentes cambios para obtener los valores finales tanto de las resistencias condensadores y entre otros.

Se pasara a mostrar los esquemáticos diseñados en Eagle (software de diseño de placas electrónicas) con una reseña de cada uno donde explicamos el uso de ese diseño en específico.



Diseño básico de la placa de comunicación

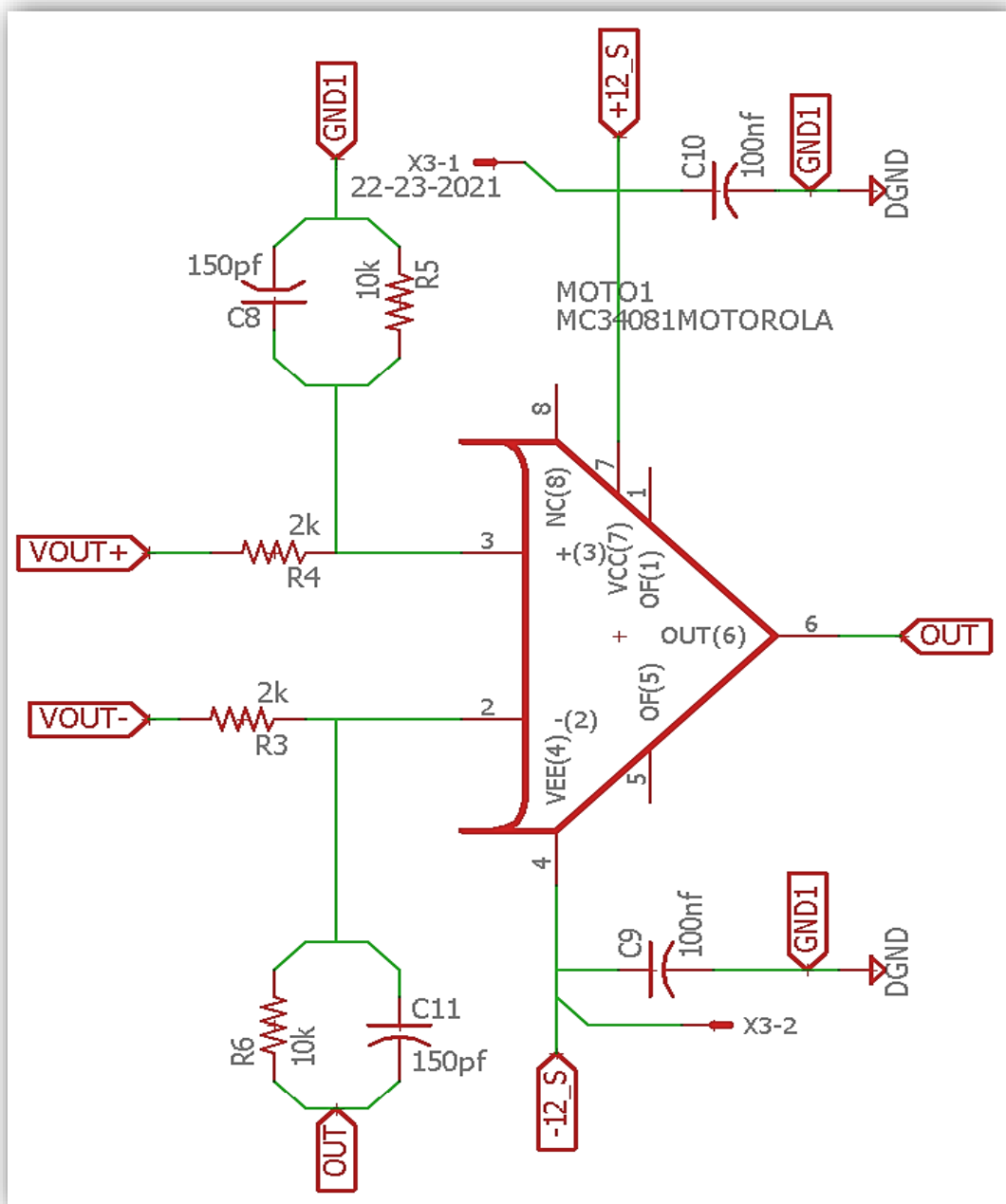


FIGURA 53 Configuración diferencial para señal de salida

Este diseño la entrada es diferencial ya que por los ruidos del motor y posibles conmutaciones no es recomendable referenciarla a tierra es por eso que se observa un Vout + y un Vout – que no es más que las salidas de manera diferencial, en conjunto con un filtro RC para disminuir el ruido.

En la imagen anterior se presentó el esquemático diseñado para el medidor de RPM acoplado en el eje del motor DC donde se toma un circuito de protección al inicio del transformador luego un regulador de 12 voltios para polarizar el transistor interno del sensor, luego se acoplo otro regulador a la salida del primero para bajar a 3.3 voltios que es lo que entra a la placa de adquisición, a esto se le puso un mosfet de tipo digital para que funcione como conmutador en conjunto con un filtro para eliminar los falsos cambios en los pulsos ocasionados por el propio sensor.

Y para finalizar en la imagen inferior está el diseño de la placa final que va sujeta al panel frontal del módulo esta tiene las resistencias shunt conectadas a la borneras.

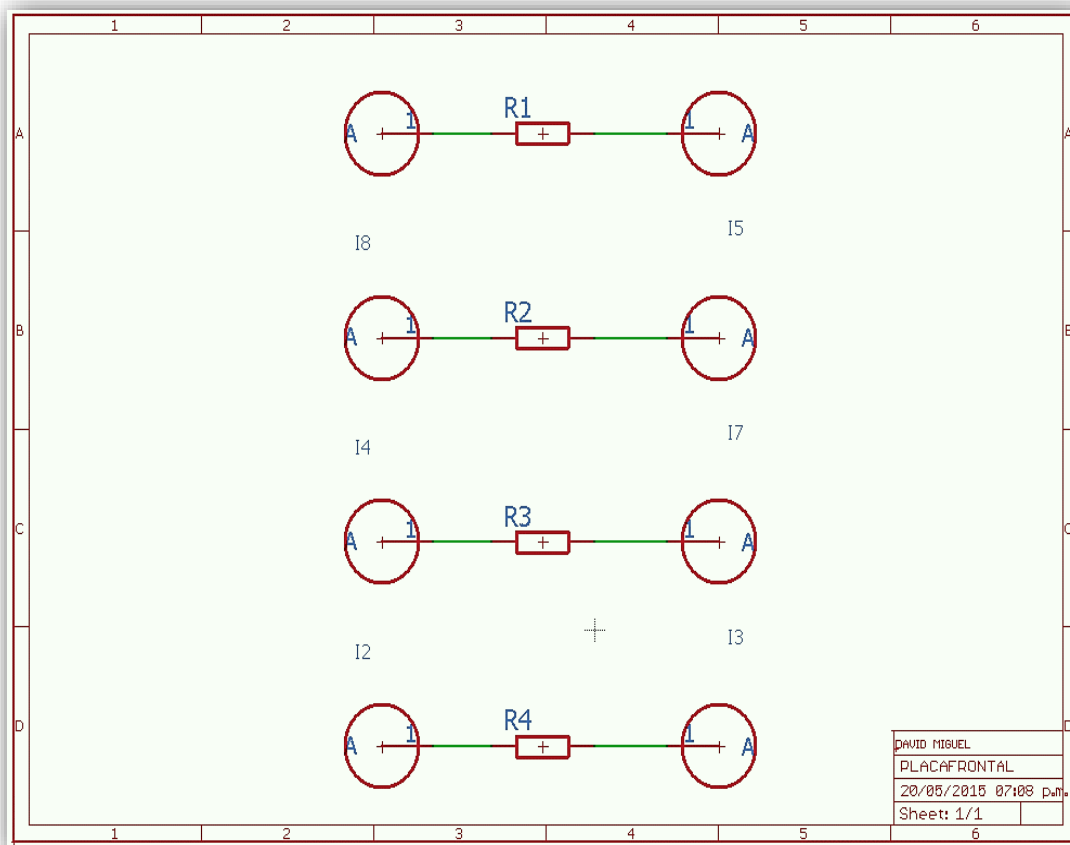


FIGURA 55 Diseño para resistencia Shunt

3.3 AREA DE MAQUINAS ACOPLADAS Y RPM

Para realizar el diseño y la selección del tipo de máquina, por parte del motor DC se indago sobre los tipos de motores de corriente directa más usados y los que permitan un control con métodos ya conocidos.

Por tal motivo en el proceso de diseño se seleccionó un **PMDC** (motor de corriente directa de imán permanente) ya que al ser de imán permanente no requerirá una fuente externa para excitación de estator para producir el campo. Este funcionara como carga para el motor trifásico, ya que al estar girando en sus bornes producirá un voltaje inducido y actuara como generador este voltaje será disipado por resistencias.

En el motor trifásico tenemos una amplia variedad pero se ha escogido el más común ya que pueden ser adquiridos en nuestra propia localidad sin necesidad de ser importado como fue el caso del motor PMDC, el usado es el Trifásico tipo jaula de ardilla de 1800 revoluciones y de 0.5 hp.

Para la parte de la medición del RPM (revoluciones por minuto), se indago sobre los diferentes tipos de sensores, encoders, sus diferentes tiempos de respuesta, sus costos y su facilidad de adaptación y adquisición de su señal de respuesta se elegido un sensor fotoeléctrico de la marca Allen-Bradley, el cual está ubicado en la parte posterior (sujetado a través de una pieza metálica anclada a la base de madera) del motor PMDC el cual tiene en su eje un obstáculo de material plástico pintado de negro para que el sensor fotoeléctrico detecte una revolución completa.

Y para transmitir el par se diseñó un acople mecánico tipo liso con 4 tornillos para fijarlos y 2 tornillos pequeños llamados pasajeros un par para cada eje ya que estos se fijan en el chavetero de cada motor tanto para el de corriente directa y el trifásico, estos se diseñaron en 3D y luego fueron llevados a un especialista en torno.

Se mostraran las piezas diseñadas y las adquiridas con sus medidas tanto de los motores, acoples, sensor de rpm y la base de madera.

Empezaremos con el motor trifásico:

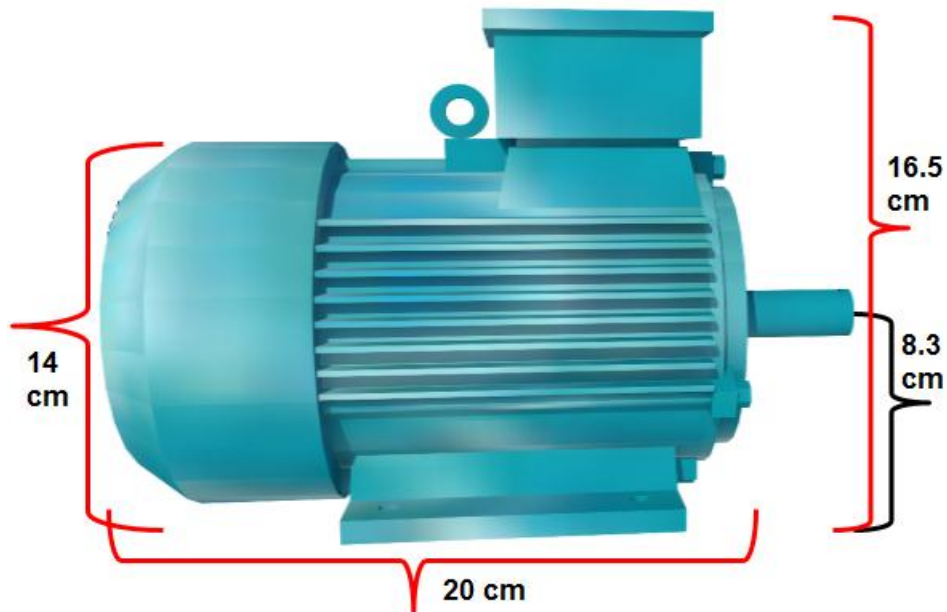


FIGURA 56 Vista lateral motor trifásico en 3D

Ahora pasaremos a el motor de corriente directa de imán permanente uno de los parámetros de diseño para adquirir este es que la potencia fuera lo suficientemente grande como para que tuviere efecto sobre el motor trifásico.

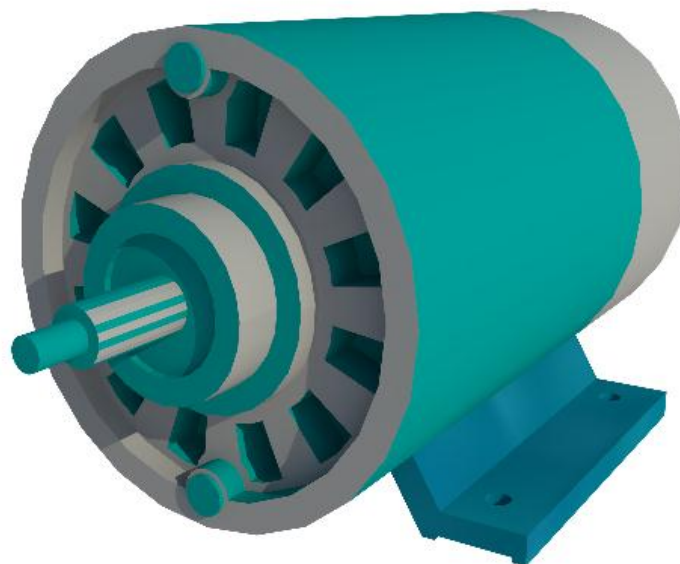


FIGURA 57 Representación 3D del motor PMDC

Seguiremos con el sensor fotoeléctrico de RPM (revoluciones por minuto) este está sujeto a la base mediante un pequeño elemento metálico que se mandó a fabricar a un carpintero metálico.

El **sensor** es un cilindro de plástico de la serie **42CA Allen-Bradley** con ajuste para sensibilidad lineal (a través de un potenciómetro), indicador de estabilidad e inmunidad al ruido puede operar en oscuridad y en luz de día sin deficiencias, esta carcasa cilíndrica contiene a un emisor y receptor.

Esta luz rebota en el obstáculo que esta acoplado en el eje del motor PMDC ubicado en la parte trasera de este por el ventilador, en el diseño se indago distintos tipos de sensores como los inductivos, capacitivos, de color, laser y encoders cada uno con distintas ventajas y requerimientos pero lo que primo en la elección del sensor fotoeléctrico fue su precio y lo practico que es en su instalación y adaptación de su señal de salida a la tarjeta de adquisición, la selección se vio facilitada gracias a una guía de componentes esenciales de la marca **Allen-Bradley** el cual contiene una amplia gama de sensores con sus respectivas especificaciones y variaciones.

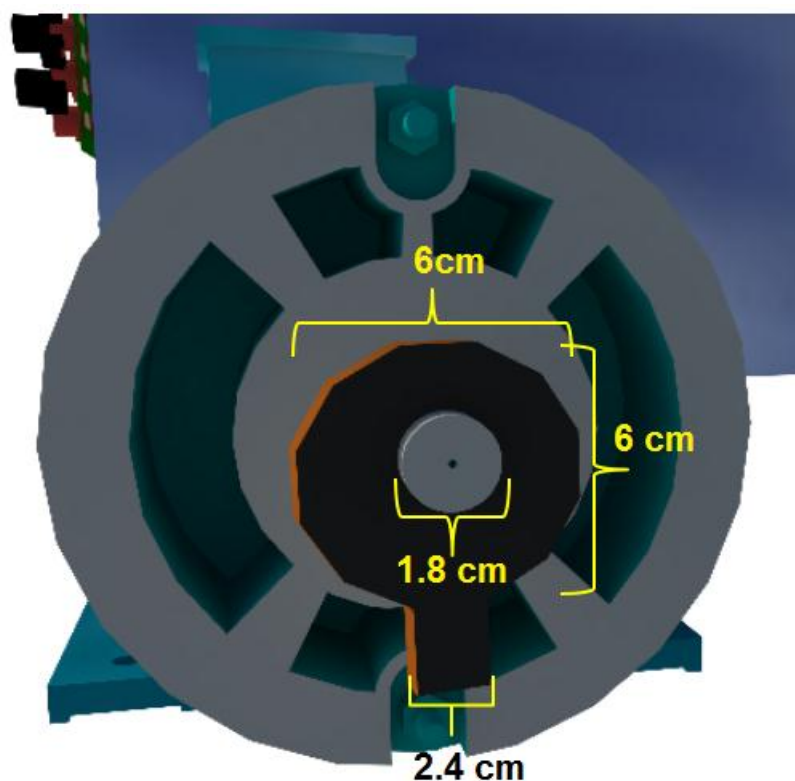


FIGURA 58 Vista frontal de la rueda plástica con una ranura para medir los RPM

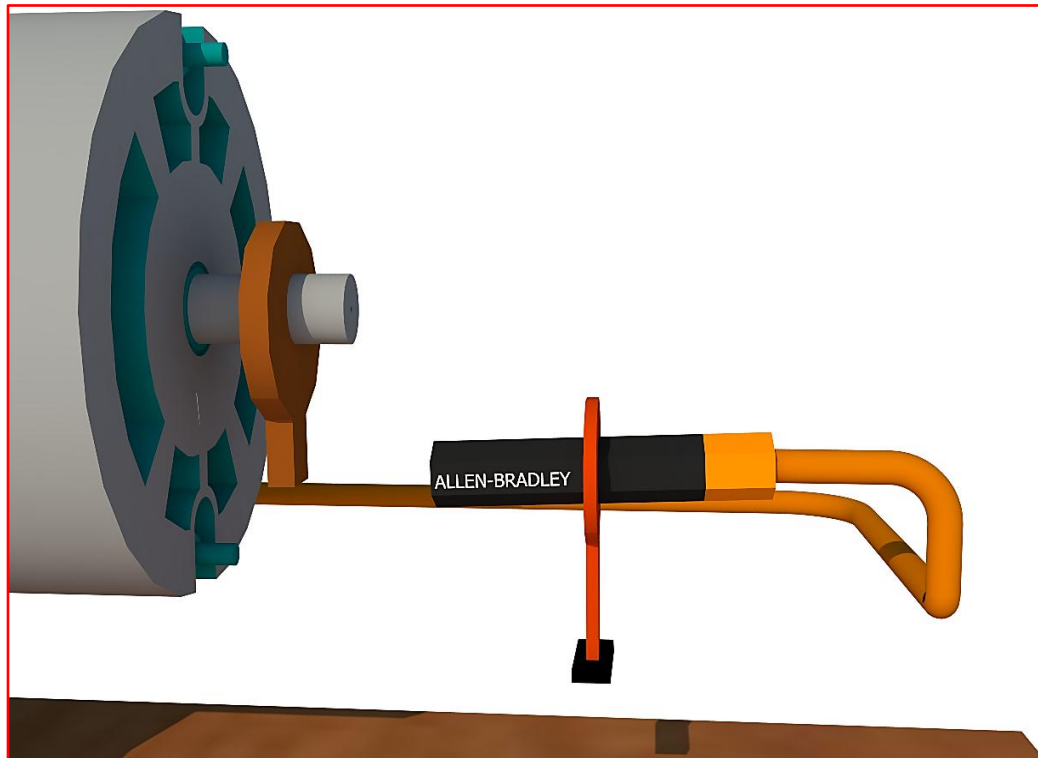


FIGURA 59 Vista frontal del sensor RPM

En la figura inferior se observa los acoples mecánicos tipo liso que fueron diseñados de acuerdo al diametro de cada eje tanto para el motor trifasico como para el motor de corriente directa.

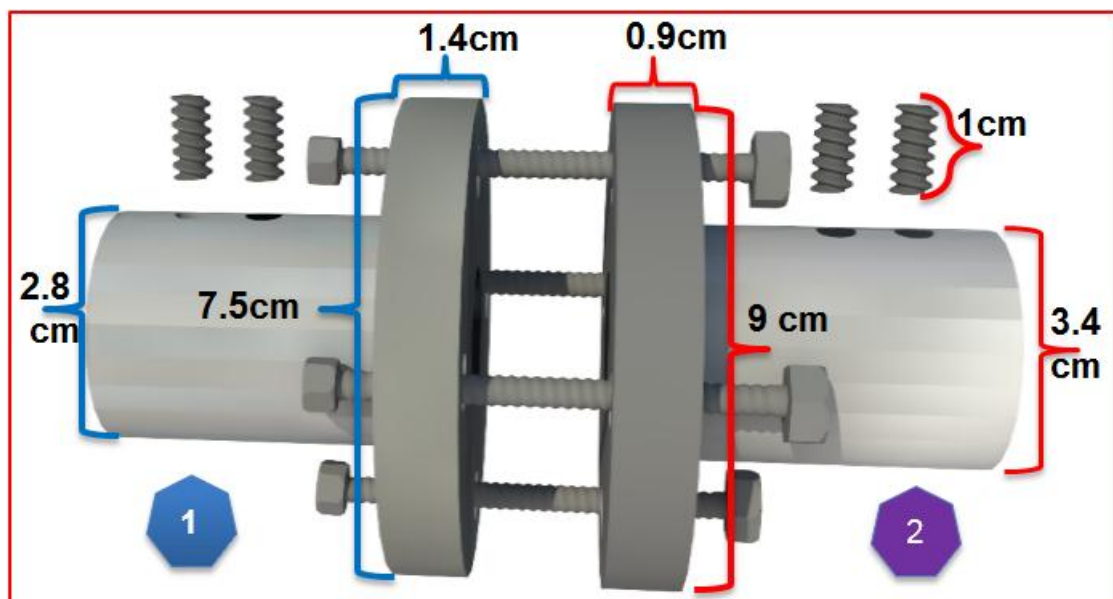


FIGURA 60 Vista frontal de los acoples mecánicos

Estos acoples no tiene el mismo tamaño tanto en diámetro (la parte del eje) como la parte del acople en si (donde se unen los ejes y se ajustan con los tornillos), ya que el diámetro del eje del motor trifásico (1) y del motor DC (2) son distintos debido a las diferencias de potencia ente ellos, en el diseño original se planeó unir los ejes con un acople tipo manguito (una versión adaptada de este que es solamente un tubo metálico que se unía mediante los chaveteros), pero se le considero muy débil y no una solución a largo plazo, más bien una momentánea así que se optó por el tipo liso este con un precio más elevado que la primera solución pero más duradero.

Se observa que el motor trifásico (izquierda) ha sido nivelado con unas cuñas de madera para que su eje coincidirá con el del motor DC (derecha).

La potencia del motor trifásico en el principio hera de 1HP y la del motor de corriente directa de 2HP pero con algunas pruebas realizadas la potencia del motor trifásico aun hera muy alta así que se redujo a 0.5 HP y con esta se pudo realizar las pruebas correctamente y fue con la que finalmente se quedó en el diseño.

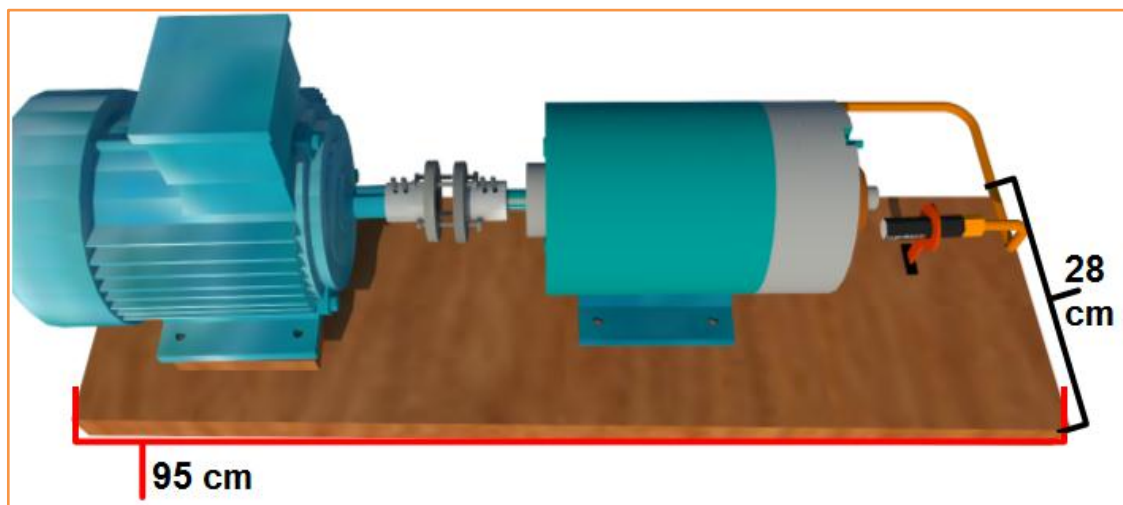


FIGURA 61 Vista superior motores acoplados

3.4 SECCION DE CONTROL POR ANCHO DE PULSO

Para poder controlar el estado del mosfet es necesario un circuito que lleve a este a un nivel de voltaje específico para que entre en conducción y luego disminuir lo más rápido posible este voltaje para que deje de conducir y así continúe con su proceso, ahora para poder diseñar este circuito de control se tomó en cuenta la frecuencia con la que se iba a realizar el PWM para la compuerta y la fuente del mosfet, puntos de referencia distintos ya que la fuente del mosfet ese pin sirve para control de este y potencia por donde pasa la corriente del motor DC por lo tanto el control debe estar aislador galvánicamente para que la alta intensidad de corriente no queme la placa electrónica (es la sección de control).

Se mencionó que se necesitaba un cambio de dos niveles específicos de voltaje para activar y desactivar el mosfet, ahora inicialmente se diseñó un circuito elevador con transistores para llegar a este nivel ya que los voltajes de control son de 5 voltios pero el mosfet necesita 12 voltios resultando en un problema con la frecuencia ya que no respondían tan rápido al cambio PWM y no estaban aislados los puntos de referencia, así que el diseño se cambió por un driver con aislamiento galvánico y con una frecuencia de cambio de 4KHZ sin distorsión y retraso que fue la frecuencia final con la que se quedó el PWM en el diseño.

Ya teniendo el diseño del driver (elevaba el voltaje y separaba puntos de referencia) nos queda la manera de controlar este, con lo que se pasó a seleccionar un microcontrolador básico de 8 bits y que fuera robusto para que no se viera afectado por los picos de corriente o posibles interferencias que hagan que este se detenga en pleno funcionamiento por eso dentro de las posibles marcas de microcontroladores se escogió un ATMEL para ser más exactos un ATmega16A a este se le sumo una LCD para poder observar el cambio de porcentaje (ancho de pulso) en el PWM.

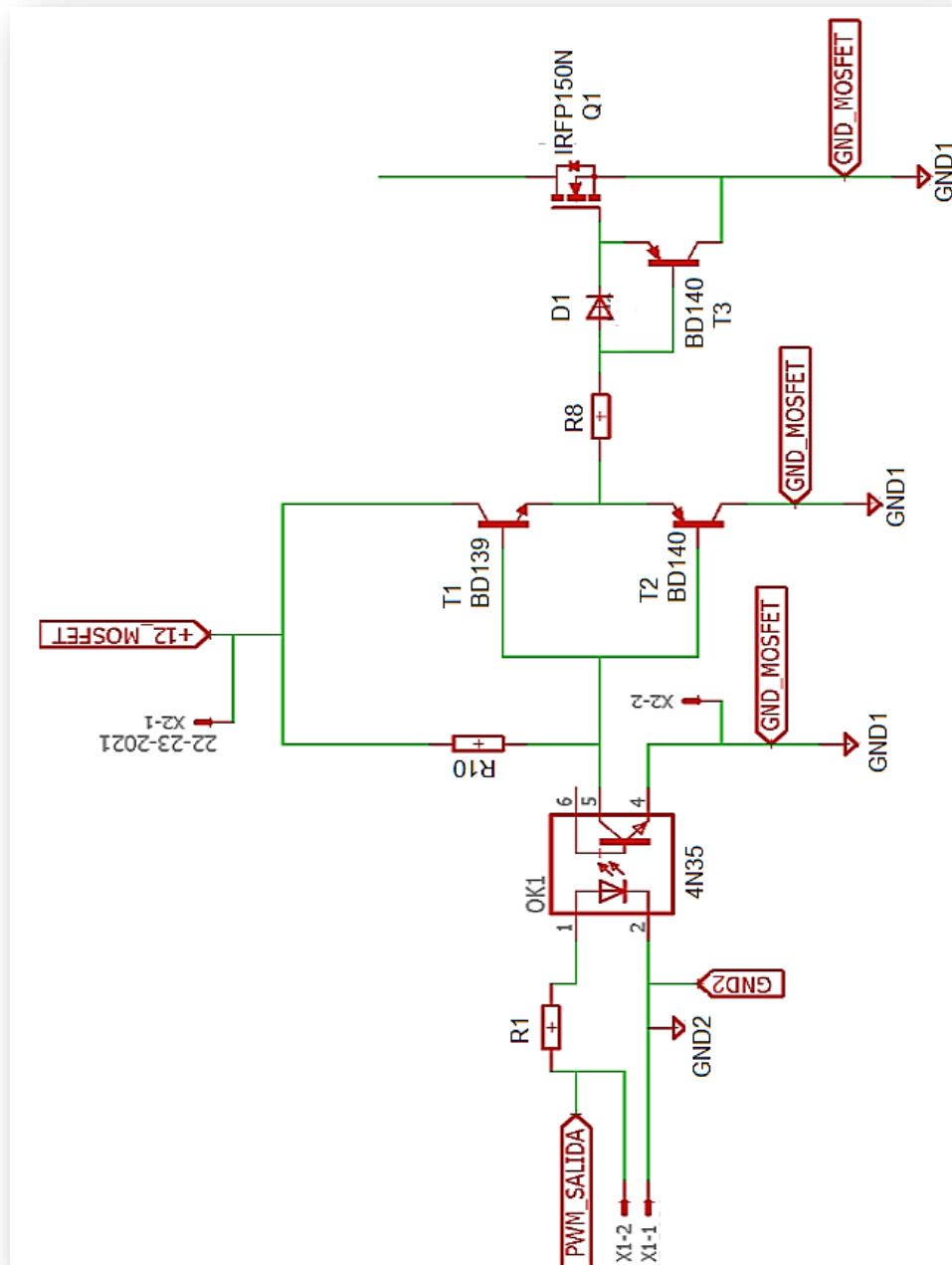


FIGURA 62 Prototipo de circuito para PWM

El diseño de la figura 63 se observa el circuito inicial con alguna mejora por parte del 4N35 este optocoplador separa los puntos de referencia pero tiene una gran dificultad con la frecuencia ya que a pesar de que teóricamente diga que cambia hasta unos 10khz en realidad según las pruebas realizadas a este a partir de 1khz la señal cuadra empezaba a deformarse en la salida a la compuerta del mosfet IRF150N, ahora en el diseño se tenía que elevar el voltaje se puso un puente de transistores NPN y PNP tipo BD como se ve en la figura, luego de estos se observa una resistencia R8 esa es para la base del mosfet, pegada a esta se observa un diodo y un transistor PNP BD140 este par es tuvo

En la sección de entrada al 4N35 se ve una etiqueta de PWM salida, esta corresponde a la salida del microcontrolador ATMEGA 16A que genera la modulación de ancho de pulso en uno de sus pines.



- PWM-SALIDA: Este es el pin por donde emite la señal para el control para el mosfet a 4KHZ
- POTENCIOMETRO: Para poder variar la señal PWM se utilizó una resistencia variable de 10k

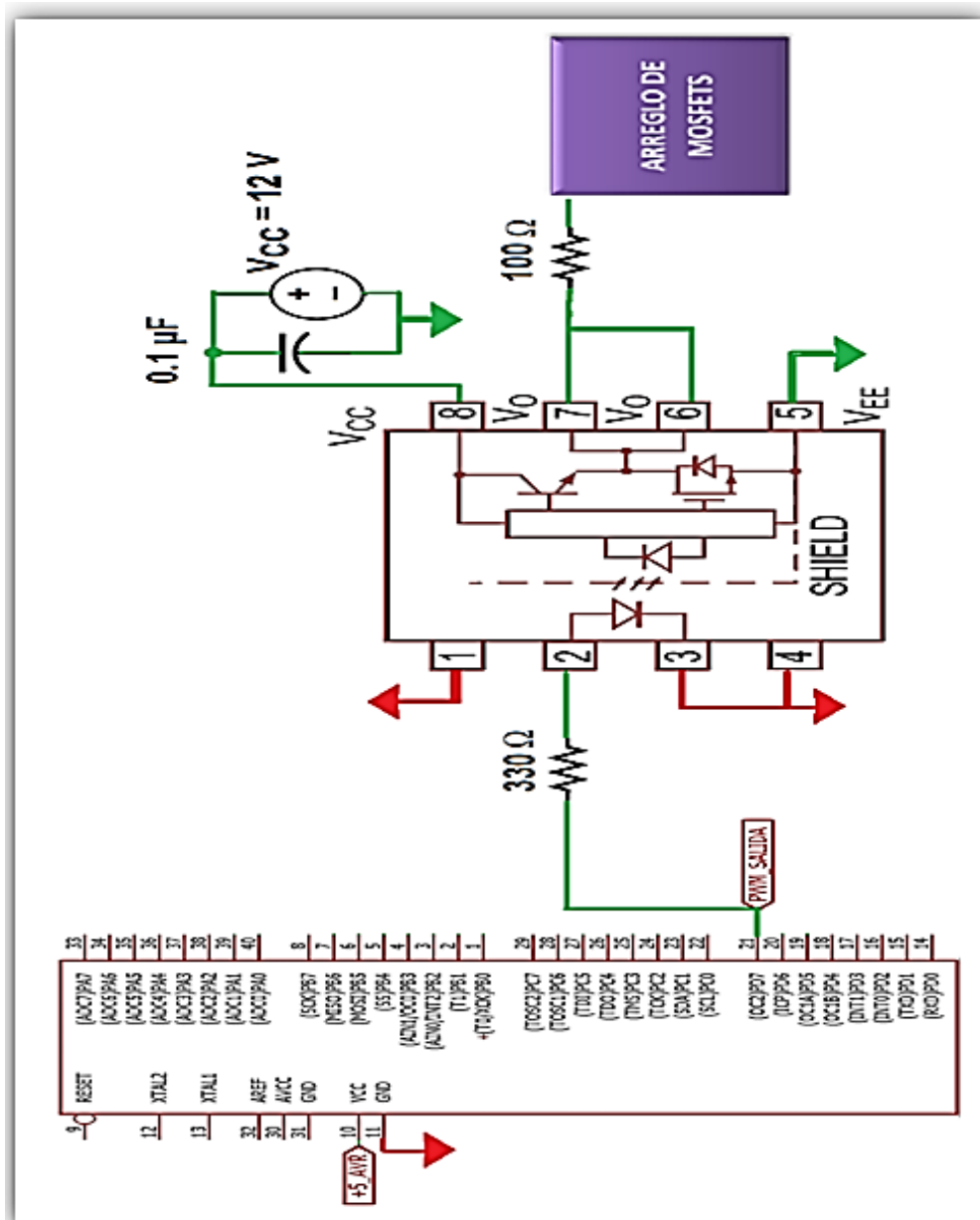


FIGURA 64 Circuito Controlador de Consumo de carga

Este es el diseño final y diagrama de conexión de como el ATMEGA16A controla el motor DC, se nota la estructura interna del chip que es el driver especializado contiene el aislamiento y la elevación de voltaje con fuente externa mediante un puente de un transistor como control y un mosfet como potencia este controlador, esto ayudo y disminuyo drásticamente las pruebas ya que es bien útil en el sentido de que sirve como driver para MOSFET y IGBT así que su versatilidad ayudo.

3.5 ELEMENTO DE CONMUTACION DE POTENCIA

El diseño y la elección del tipo de elemento a utilizar para realizar la conmutación entre el motor de imán permanente y la resistencia de potencia se basó en elementos con los que ya se estaba más familiarizados (con experiencias previas), con los que su control era más fácil y rápido, que puedan ser encontrados localmente y que manejen la potencia requerida para la conmutación o que al menos pueda realizarse adaptaciones para poder usarlos en el proyecto.

La elección del componente final fue para el **mosfet** ya que este se encontraba disponible localmente y ya se sabía cómo controlar este elemento.

Una vez seleccionado el tipo de componente quedo seleccionar que serie de mosfet escoger ya que existen diferentes series con diferentes especificaciones e usos, para esta selección se basó en dos cosas la resistencia interna entre drenador y surtidor y el voltaje máximo que pueden soportar estos dos pines del mosfet. Para la selección del valor de la resistencia interna se buscó un mosfet con la resistencia más baja posible y que sea posible encontrarla localmente por lo que se después de indagar los mosfet disponibles las resistencias más bajas que se pudieron encontrar fue de 0.036 ohm y de 0.1 ohm ya que mientras más baja la resistencia menos consumo de corriente tendrá y no disipara tanto calor a través de esta esto es importante ya que la corriente del motor DC como ya se había mencionado está por encima de los 15 amperios lo que una resistencia baja sería la más adecuada y respecto al voltaje se había deseado que al menos el voltaje de ruptura entre el drenador y surtidor fuera al menos de unos 200 voltios pero no se pudo encontrar un mosfet con esta característica en los medios locales por lo que se redujo a un mínimo aceptable de 100 voltios, ya que el voltaje que sale del motor DC es de casi 60 voltios así que 100 cumple con el mínimo, así que después de analizar las opciones disponibles nos fuimos por el mosfet de la serie IRF150N con este se pudo pero se tuvo que realizar algunas adaptaciones el circuito ya que uno solo sería imposible de que maneje toda esa cantidad de corriente y el diseño tuvo de variar para poder obtener uno más estable pero aun con ciertas fallas ocasionales ya que este componente no es realmente adecuado para este tipo de aplicación, pero era el que se tenía en nuestra localidad.

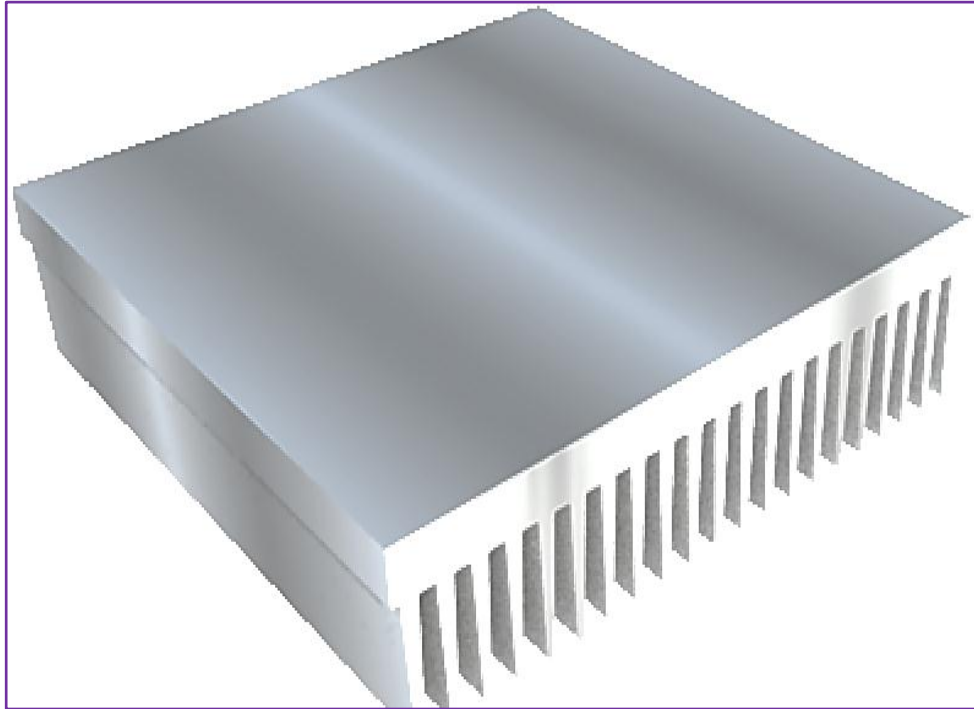


FIGURA 65 Disipador de aluminio

En el diseño se contempló un disipador de calor para el mosfet y en la selección de este se revisó diferentes modelos de disipador ya que el calor que disipa el mosfet no podía ser disipado tan rápidamente.

Por tal motivo se buscó un disipador de que cubra más área pero desafortunadamente no se encontró uno del tamaño buscado, así que se tuvo que realizar unas adaptaciones con otras partes para ser exactos con otros tres disipadores.

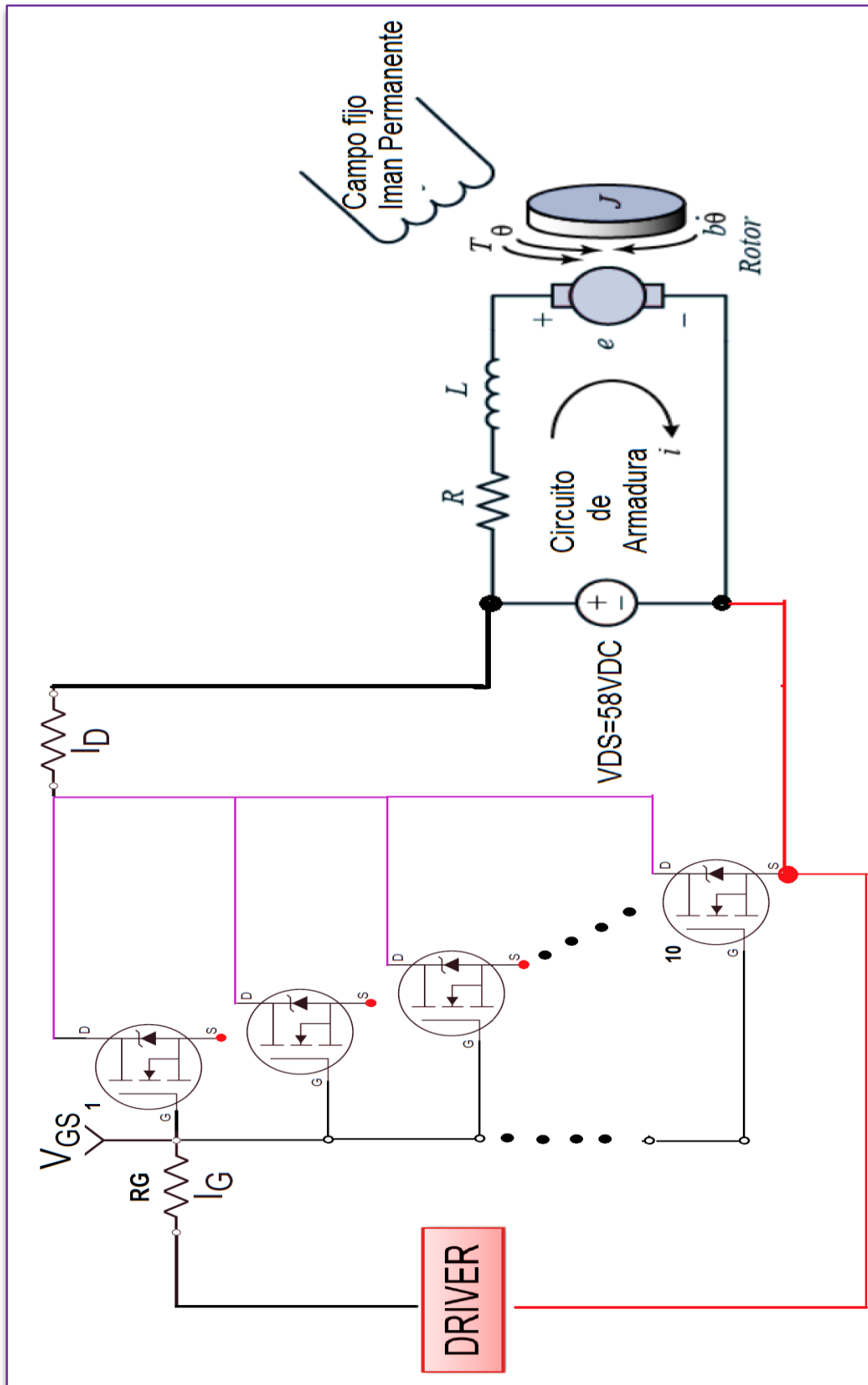


FIGURA 66 Esquemático final de los elementos de conmutación de potencia

Diseño final con los 10 mosfet acoplados.

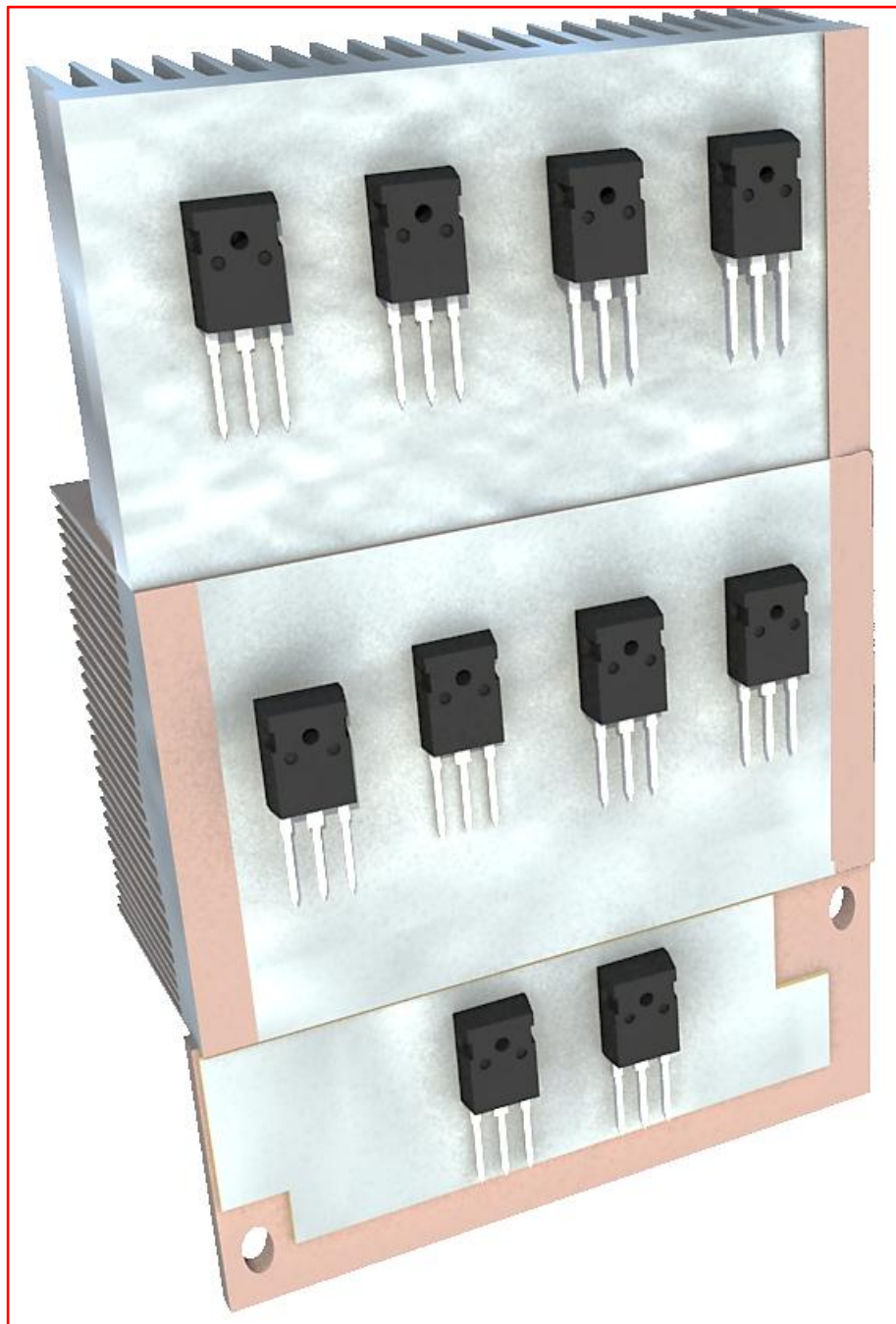


FIGURA 67 Diseño final de los mosfet acoplados

Esta es la ubicación final de todos los 10 mosfets que fueron necesarios para realizar una correcta conmutación en esta representación no se muestra la conexión ya que ya se ha mostrado un esquemático en el cual se detalla la unión de cada uno.

3.6 COMPONENTE DE DISIPACION DE POTENCIA

Una vez adquirido el motor de corriente directa de imán permanente, el siguiente paso fue encontrar la forma de dimensionar la resistencia de frenado, esta parte fue una de las que más problemas generó ya que no se contaba con ninguna experiencia previa tanto en el diseño como en frenado de motores y en la cual se falló dos veces tratando de encontrar la resistencia adecuada tanto en potencia, su valor en ohmios, material de construcción y forma constructiva, se mencionan estos problemas ya que no son componentes en los cuales simplemente se pueda equivocar y comprar otros ya que el costo de estos es considerable y costaban tanto como la mitad del precio del motor trifásico.

Las primeras dos fallas se debieron a que a pesar de realizar búsquedas en la web no se encontró un método o guía específica de como dimensionar las resistencias de frenado con la forma que se eligió para el control de este (que funcione como generador y mediante una resistencia se consuma la corriente y este funcione como freno controlado mediante PWM) ya que la gran mayoría de guías para dimensionado de resistencias de frenado están basadas en frenado con variadores de velocidad y dimensionadas en base a la potencia de cada variador y viene con sus propias tablas ya calculadas, por lo que al tercer intento se analizó el problema de la manera más simple en donde se notó que para realizar una sobrecarga del motor trifásico es necesario que el motor DC consuma toda la potencia posible y que la resistencia tenga este efecto sobre el motor DC haciendo que este transfiera toda su potencia a la resistencia y que esta fuera lo suficiente para que pueda disipar la corriente producida por el motor DC de 2hp cuando este funciona como generador, por lo que se recordó un teorema ampliamente conocido en teoría de circuitos eléctricos que es el teorema de la máxima transferencia de potencia, la cual establece que dada una fuente, con una resistencia fija, la resistencia de carga que maximiza la transferencia de potencia es aquella con un valor óhmico igual a la resistencia de la fuente.

El teorema establece cómo escoger (para maximizar la transferencia de potencia) la resistencia de carga, una vez que la resistencia de fuente ha sido fijada, no lo contrario. No dice cómo escoger la resistencia de fuente, una vez que la resistencia de carga ha sido fijada. Dada una cierta resistencia de carga, la resistencia de fuente que maximiza la transferencia de potencia es siempre cero, independientemente del valor de la resistencia de carga.

Procedimientos experimentales para obtener voltaje y resistencia Thévenin

Hay dos procedimientos experimentales populares para determinar los parámetros de una red Thévenin equivalente. El procedimiento para medir el voltaje Thévenin es el mismo para ambos, pero el enfoque para determinar la resistencia de Thévenin es por completo diferente en cada uno.

Medición directa de E_{Th} y R_{Th}

Para cualquier red física, el valor de E_{Th} puede ser determinado experimentalmente midiendo el voltaje de circuito abierto en las terminales de carga, como se muestra en la figura 69; $E_{Th}=V_{oc}$ (voltaje a circuito abierto) = V_{ab} . El valor de R_{Th} puede entonces ser determinado completando la red con una RL variable tal como el potenciómetro de la figura 70 (b). RL puede variarse entonces hasta que el voltaje que aparece en la carga es la mitad del valor del circuito abierto, o $V_L = E_{Th}/2$. Para el circuito en serie de la figura 70 (a), cuando el voltaje de la carga es reducido a la mitad del nivel del circuito abierto, el voltaje en R_{Th} y RL debe ser el mismo. Si leemos el valor de RL [como se muestra en la figura 70 (c)] que se obtuvo en los cálculos anteriores, tendremos también el valor de R_{Th} , ya que $RL = R_{Th}$ si V_L es igual al voltaje en R_{Th} .

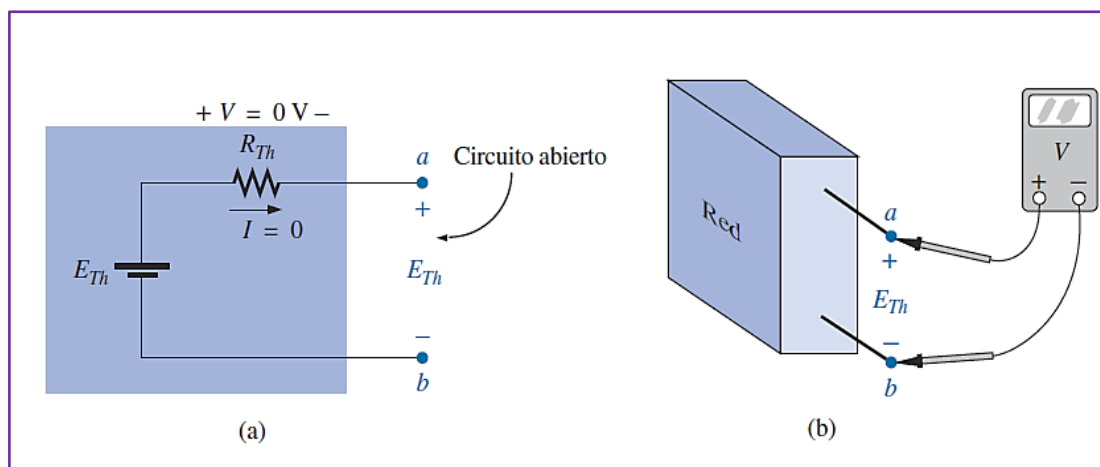


FIGURA 68 Medición de voltaje Thévenin a circuito abierto

El método de la figura 69 es el utilizado para encontrar el voltaje Thévenin del motor PMDC de 2 HP y ya que el motor PMDC está acoplado mediante el eje al motor trifásico este se encendió y se procedió a esperar que se estabilizara y luego se midió el voltaje entre los bornes del motor DC ya que este está funcionando como generador, el resultado dio un **voltaje Thévenin =57.5 VDC=VTh**, en donde las revoluciones del motor trifásico eran 1800 rpm.

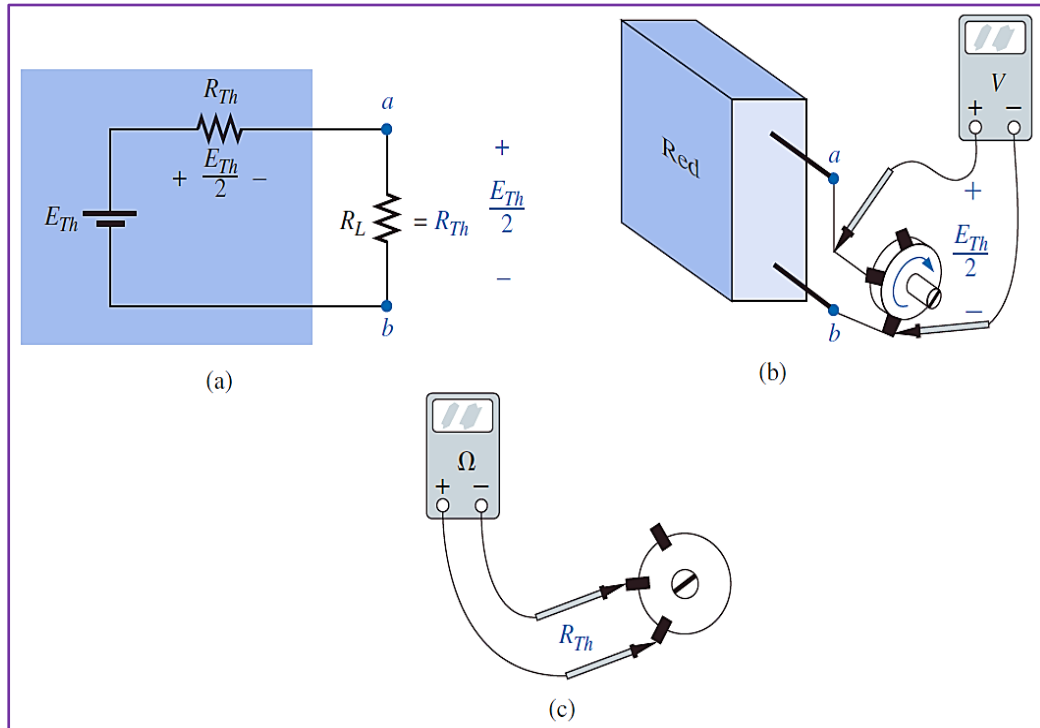


FIGURA 69 Métodos alternos Thévenin

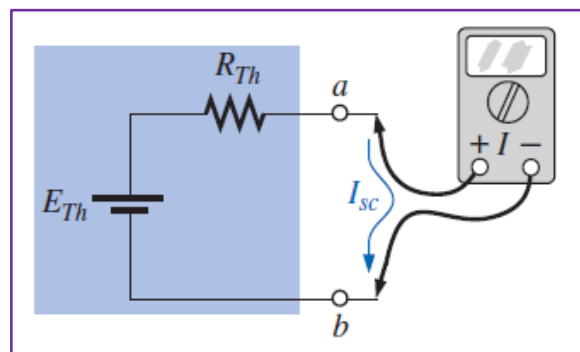


FIGURA 70 Corriente Corto Circuito

Este es otro método alternativo:

Medición de V_{oc} (voltaje a circuito abierto) e I_{sc} (corriente a corto circuito)

El voltaje Thévenin es de nuevo determinado midiendo el voltaje de circuito abierto a través de las terminales de interés; esto es, $E_{Th} = V_{oc}$. Para determinar R_{Th} , se establece una condición de corto circuito a través de las terminales de interés, como se muestra en la figura 71, y la corriente que pasa por el corto circuito se mide con un amperímetro. Usando la ley de Ohm, se encuentra que la corriente en el corto circuito es determinada por:

$$I_{sc} = \frac{E_{Th}}{R_{Th}}$$

$$R_{Th} = \frac{E_{Th}}{I_{sc}}$$

Sin embargo, $E_{Th} = V_{oc}$ resultando la siguiente ecuación para R_{Th} :

$$R_{Th} = \frac{V_{oc}}{I_{sc}}$$

Existen varios métodos para obtener el último componente o valor que es la resistencia Thévenin, ya que ya contamos con el voltaje Thévenin esto sería sumamente fácil si el circuito se tratase un circuito simple con poca corriente pero nuestro caso tratamos de dimensionar una resistencia para un motor DC de 2hp con unos 57.5 voltios de salida, con las revoluciones mencionadas antes y con una corriente máxima de 17 amperios, encontrar una resistencia variable lo suficiente mente potente (para que no se queme en las pruebas) y de baja resistencia para poder obtener la mitad del voltaje Thévenin como lo pide el método de la figura 70 sería muy costoso y tedioso de encontrar ya que como se dijo las resistencias de potencia comerciales ya tiene valores fijos. Ahora si tomamos el método de la figura 71 la situación sería favorable pero surgiría un problema distinto ya que al estar con corto circuito todo el calor generado por la corriente sería disipado por el bobinado del rotor y se correría el riesgo de quemarlo, así que para conseguir este valor se utilizó una variación del método de la figura 70 (a), que consistía en utilizar diferentes resistencias de bajos ohmios e ir midiendo el voltaje en paralelo para ver cuál era la caída de tensión en base a eso se calculaba la corriente que pasaba por la red y con eso se estimaba en valor de la resistencia interna ya que se tenía la caída de voltaje más la corriente solo se pasaba a dividir estas para obtener un valor estimado de la resistencia interna por ejemplo si se tenía una carga de 41.1 ohm al conectar esta carga el voltaje en paralelo era de 56.2 VDC y esto dividido entre los 41.1 nos da 1.36 amperios con una caída de 1.3 voltios dividido entre la corriente resulta una resistencia estimada de **0.951** ohms y así se repitió el procedimiento para obtener un promedio total y para la potencia de esta resistencia de frenado simplemente como 1hp= 746 W al ser de 2hp (motor DC) serían 1492 W la potencias de la resistencias de frenado y lo multiplicamos por 2.5 para evitar calentamientos al realizar el frenado lo que hace 3730 W o 4KW.

CAPITULO 4

CONSTRUCCION DEL UTILITARIO

CONSTRUCCION DEL UTILITARIO

4.1 ARMAZON METALICO Y CAJONES DESMONTABLES

En esta parte mostraremos el proceso de cómo se construyó la carcasa y los cajones que contienen y soportan las placas electrónicas, los motores eléctricos, las cargas resistivas y los elementos de conmutación.

El armazón es de metal mientras que las paredes son de lata para reducir costos sin afectar la resistencia y durabilidad de toda la estructura, ya una vez diseñados en un esquema se llevó a un carpintero metálico.

La construcción y el acabado final con todos los cajones desmontables tardaron unas tres semanas. Como ya se habló del diseño en el capítulo anterior de aquí en adelante solo se mostraran las evidencias (fotos) de la construcción y ocasionalmente se hablara de algunos métodos constructivos y otras cosas relevantes.



FIGURA 71 Vista Lateral estructura



FIGURA 72 Vista Frontal Estructura

Las dos imágenes anteriores muestran en la estructura ya con varios puntos de soldadura en un cajón para darle algo de rigidez a todo el contenido, y como se puede apreciar las paredes son de lata.



FIGURA 73 Estructura ya terminada

En estas imágenes se muestran diferentes ángulos de la carcasa y en la cual se puede ver el agujero realizado para que el cableado de potencia pase entre cajones.



FIGURA 74 Vista Final de la estructura

4.2 PLACAS ELECTRONICAS

En la construcción de las placas electrónicas todas fueron realizadas y culminadas mediante un método distinto al que se utiliza normalmente y es el método del planchado que es más que conocido y que no tiene nada de nuevo que aportar conociendo las limitantes de este método antiguo y en desuso, se procedió a investigar otro método que permitiera obtener una placa con acabados más profesionales y que se alcanzable para una persona por lo que buscando en la red se encontró que se utiliza a nivel profesional en una empresa en Germania que es mediante placas fotosensibles o también llamado método UV (por rayos ultravioletas) en el cual se pueden obtener diseños con acabados más finos, complicados y con tamaños más grandes, placas hasta el tamaño de una hoja A3 que es el tamaño de la placa de adquisición de datos principal del utilitario.

En la siguiente pagina se mostrara el proceso que se realizo para la fabricacion de la placa de adquisicion de datos.

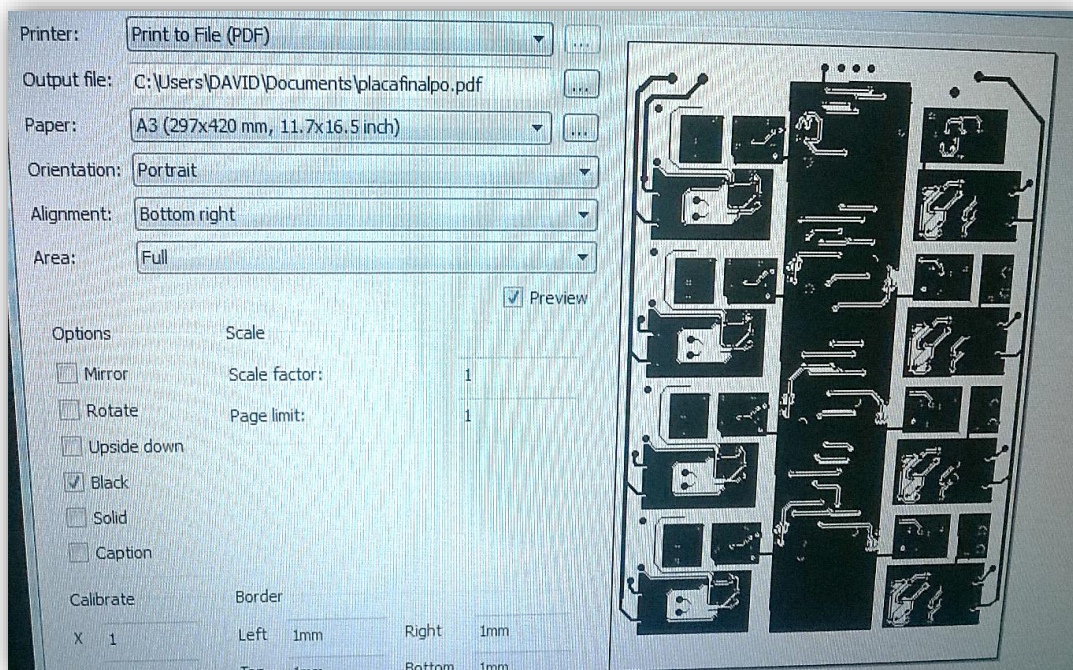


FIGURA 75 Positivo de del diseño

La primera parte una vez terminado el proceso de diseño en Eagle se tuvo que medir el tamaño total de la placa para luego exportarla como PDF en esta parte se tuvo que separar las diferentes capas de esta para solo obtener el ruteo de ambas caras y escalarlo correctamente para que los componentes tengan sus tamaños originales.

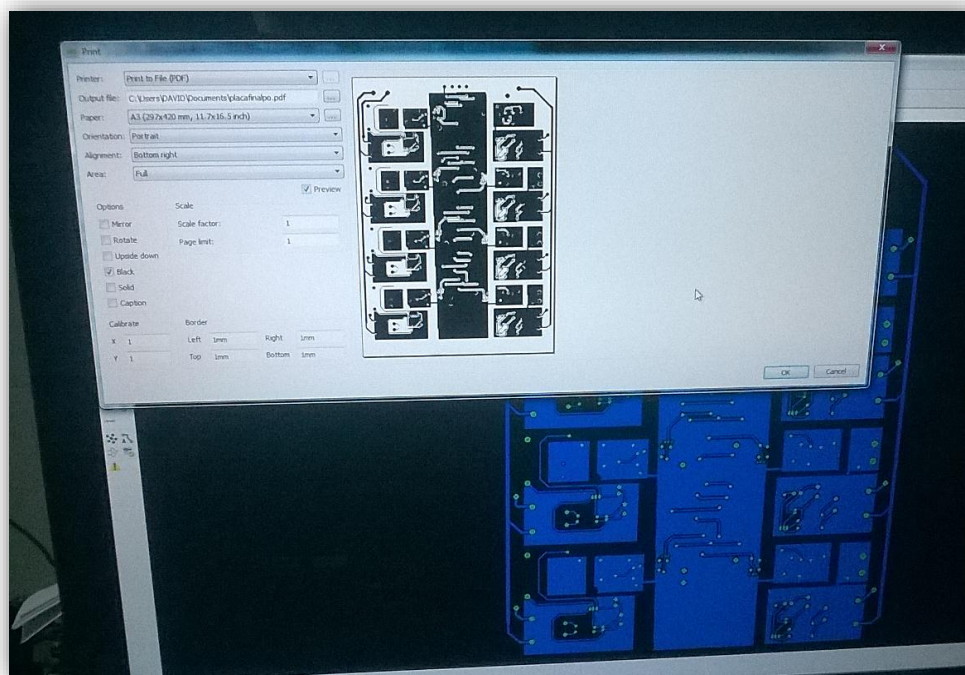


FIGURA 76 Placa final tipo A3



Luego se procedió a imprimir en un plotter el archivo y se obtuvo lo que se observa en la imagen (esta es la de la fuente ya que la principal no se pudo tomar foto por que la placa se revela muy rápido al exponerse a la luz)

FIGURA 77



En esta etapa se expone a la luz ultravioleta, con este horno UV construido caseramente con ocho fluorescentes de 20w cada uno y luego se colocan vidrios y se presionan con unos seguros para que la luz pase adecuadamente por toda la placa sin causar sombras

FIGURA 78



Luego de esperar un tiempo se obtiene este resultado, que es el mismo método aplicado a la placa principal con el cual se tiene que tener la impresión en ambos lados de la placa doble cara.

FIGURA 79



FIGURA 80 Placa revelada

En esta imagen tenemos el resultado de la placa después del proceso de exposición UV, este luego fue sometido a otro proceso para remover la parte transparente en otras palabras dejar la parte expuesta (la azul) para que sea ingresada al ácido férrico en un envase plástico.

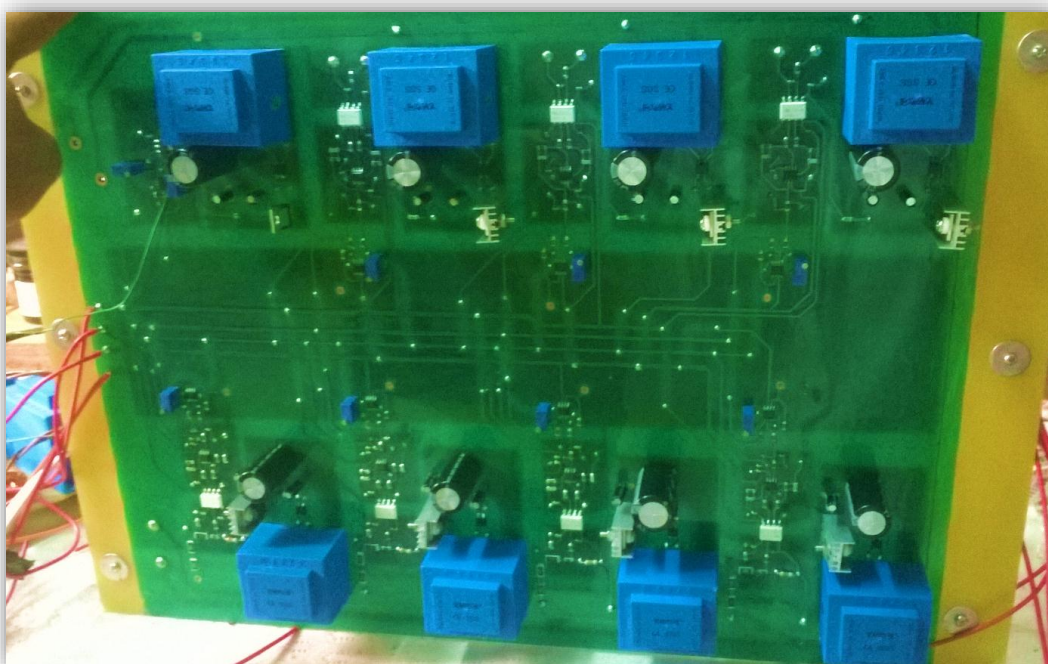


FIGURA 81 Placa final ángulo frontal

En esta imagen se aprecia la placa ya terminada tanto en la línea derecha como la izquierda con sus transformadores y sus propias fuentes en cada bloque.

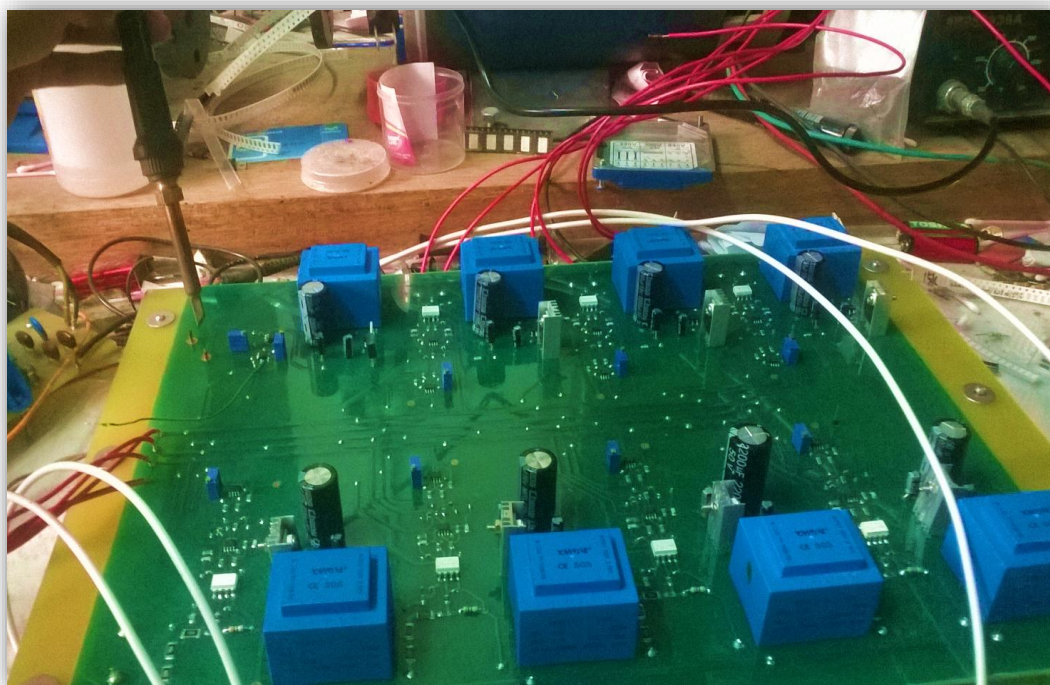


FIGURA 82 Placa final ángulo lateral

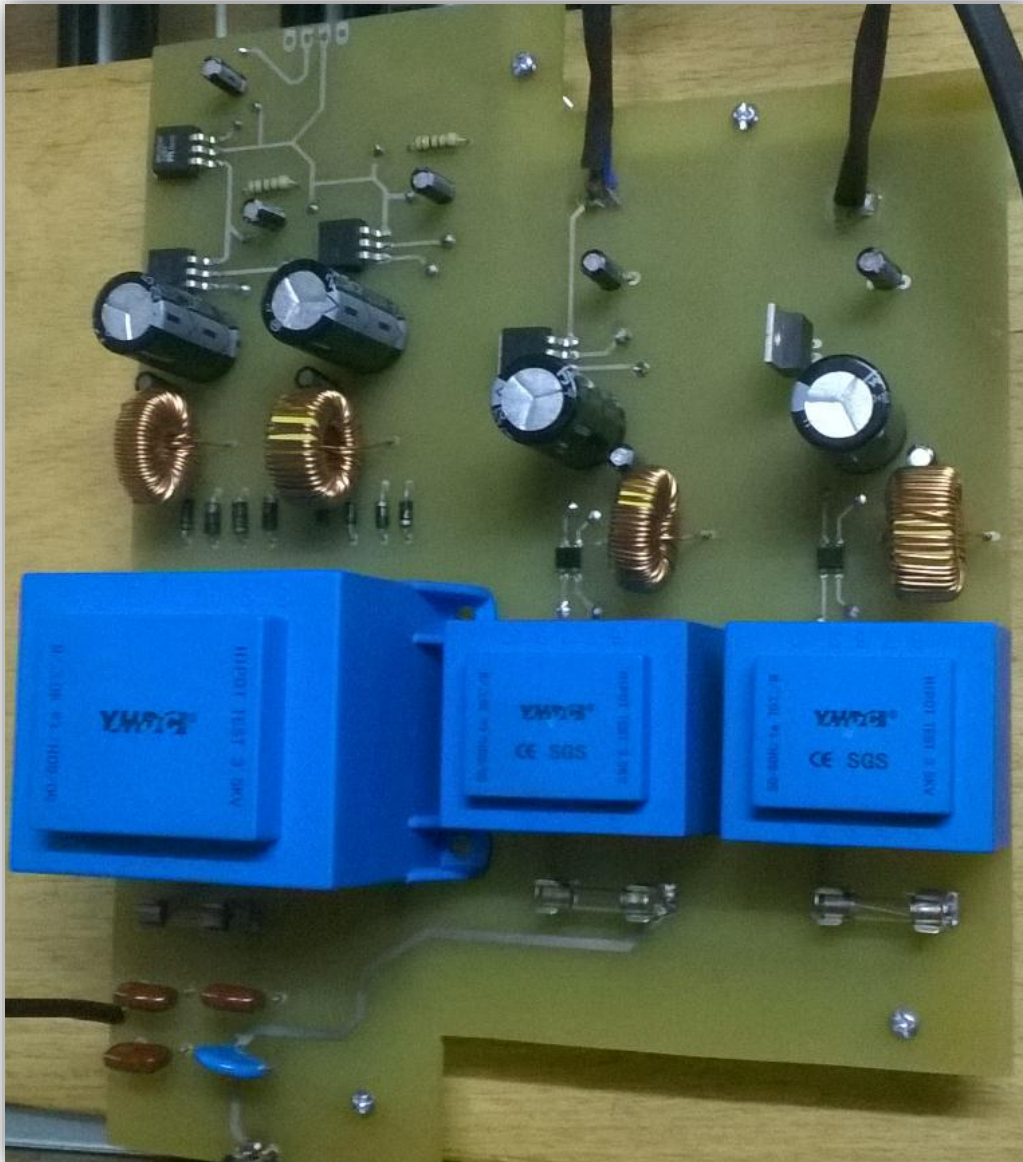


FIGURA 83 Fuente lineal final

Esta es la fuente de voltaje ya terminada con todos los transformadores, inductores, elementos de protección y reguladores instalados en conjunto con los pernos que son los elementos de sujeción para la base.

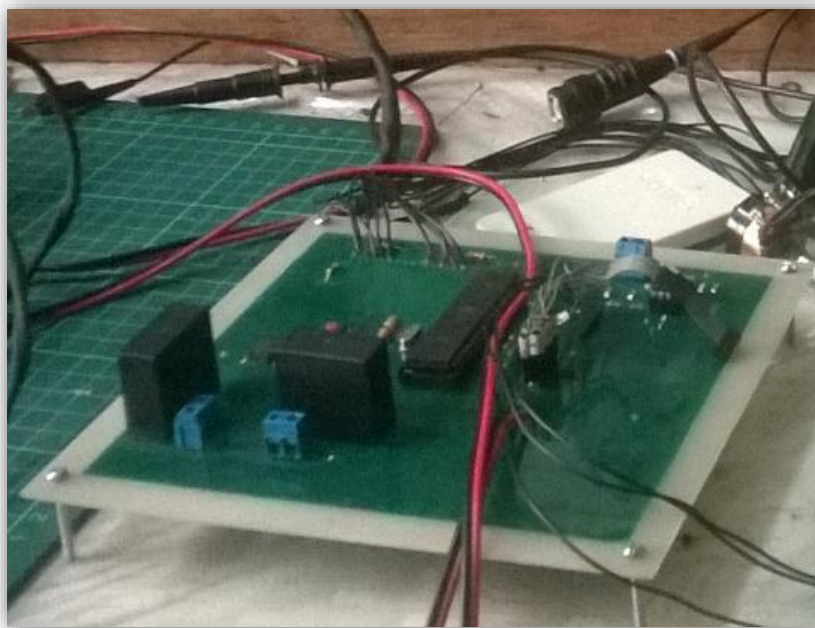


FIGURA 84 Tarjeta de control

Esta es la placa de control de PWM para el motor DC realizada con el mismo método de UV, ya terminada con el microcontrolador ya puesto en su base y su máscara verde de protección y un LCD.

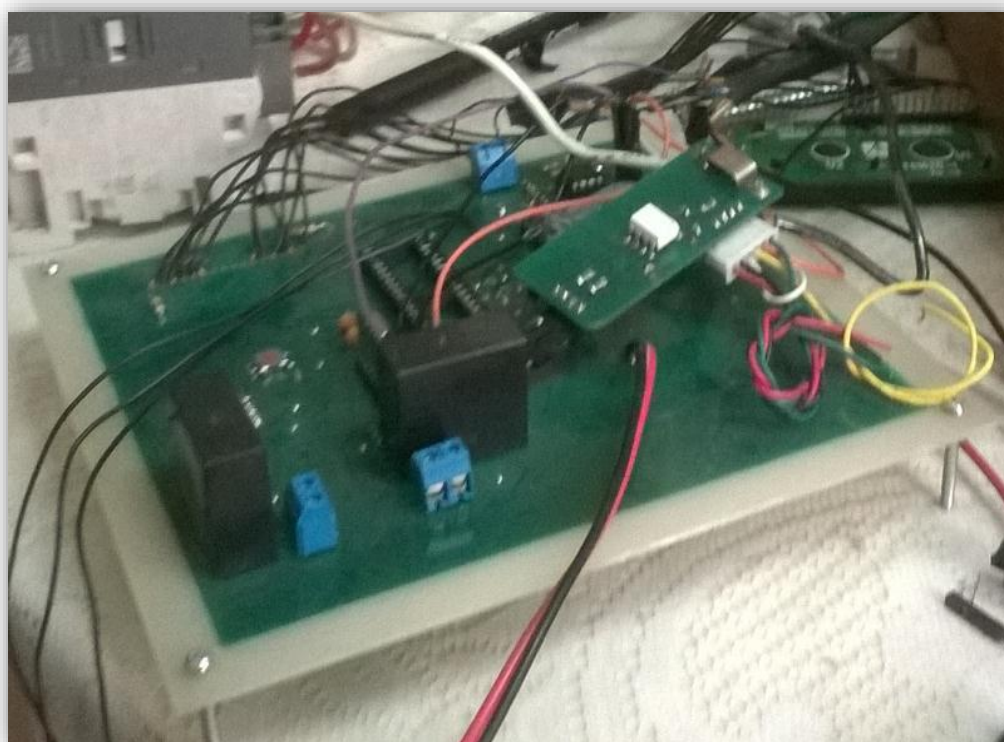


FIGURA 85



FIGURA 86 Modulo de control de carga con la tarjeta PWM ya instalada

Esta es el cajón de control PWM con la placa de centro y la fuente ya ubicadas en su interior, se puede ver que el LCD ha sido ubicado en la puerta de este y una manija ha sido adaptada al potenciómetro para realizar la variación del ciclo de trabajo.



FIGURA 87 Vista superior tarjeta de adquisición ya instalada

Este es el cajón que contiene la placa principal, en donde se puede apreciar su instalación inicial.



FIGURA 88 Vista frontal tarjeta de adquisición de datos

En caso de conocer más del proceso de fabricación de las placas dirigirse al anexo de construcción de partes electrónicas

4.3 AREA DE MAQUINAS

Para la construcción de esta parte solo se tuvo en cuenta el tamaño de la base, la altura del eje del motor PMDC, el acople mecánico y el obstáculo del sensor de rpm.

Ya que el motor trifásico fue adquirido en una tienda local y el motor PMDC fue importado así que en esa parte no hubo mucha construcción solo fue más diseño y selección del motor adecuado.

Con referente a la base se buscó un aserradero local en donde se obtuvo base de madera pesada y con espesor de unas dos pulgadas lo suficiente mente larga como para que entren los dos motores unidos por sus ejes y más el sensor de rpm.

Esta madera fue lijada y pintada para una mejor presentación del proyecto final.

Ahora con respecto al acople mecánico de los ejes estos los realizo un maestro de torno.

En la siguiente pagina se pasara a mostrar las fotos iniciales de los motores con la base, las placas de los motores, los acoples reales y el obstaculo del sensor de rpm.



FIGURA 89 Máquinas y la base de madera



FIGURA 90 Motor DC con el obstáculo acoplado a su eje

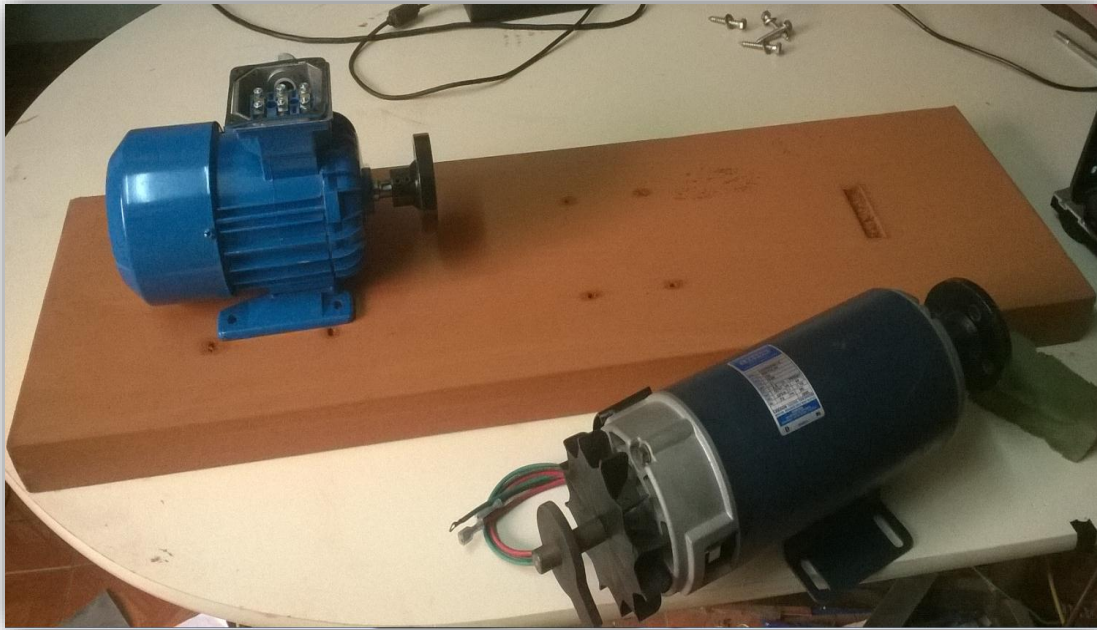


FIGURA 91 Base de madera ya pintada y con marcas para la ubicación de los elementos

En la imagen 95 se tiene a la base ya pintada y con las marcas para posicionar los motores y el sensor de RPM, también se puede apreciar al motor DC con su ventilador acoplado a su eje posterior y también acoplado a este el obstáculo para el sensor RPM. En la imagen inferior el motor trifásico de 0.5 hp fue puesto encima de unos tacos de madera para que su eje coincidiera lo mejor posible con el eje del motor PMDC.



FIGURA 92 Motor trifásico con taco de madera



FIGURA 93 Motor dc vista lateral

En la imagen superior se visualiza que el motor dc ya está anclado a la base y en la inferior se tiene una toma ya del área de máquinas más completa en donde se muestra ya el sensor de rpm y el elemento de metal que lo sostiene alineado con el obstáculo del eje.



FIGURA 94 Área de máquinas ya ensambladas y funcionando

4.4 ELEMENTOS DE CONMUTACION

Para la construcción de esta área inicialmente se buscó un elemento que disipara todo el calor que iba generar el componente de conmutación en nuestro caso un mosfet pero se presentó el problema de que no se encontró en la localidad un disipador de aluminio con la suficiente área y con el espesor buscado como para que disipara rápidamente y no se caliente tan rápido como otros con menos tamaño y a pesar de que en internet se halló unos cuantos similares a lo que se buscaba pero los precios de estos eran muy elevados, así que para obtener uno a un coste aceptable se tuvo que buscar en un sitio de reventas y cosas usadas o extraídas de otros equipos en desuso y se consiguieron unos 3 disipadores de aluminio con aletas de disipación de un espesor considerable por un costo muy bajo cada disipador, cosa que uno completo hubiera costado 5 a 6 veces más, ya con estos se buscó la manera de unirlos. Después de tantas búsquedas se halló a un maestro soldador que realizo las uniones de estas tres piezas, luego de que terminara de soldar estas tres piezas se le indico que hiciera 4 perforaciones para rosca ya que este disipador debía ser atornillado a al cajón de metal, estas perforaciones fueron realizadas con una herramienta llamado macho y fue realizada manualmente de esa manera se obtuvo la rosca.

Ya una vez terminada la parte del disipador se pasó a atornillar los elementos de conmutación (mosfets) ya para estos se utilizó un aislante para que no estuvieran en contacto directo con el disipador y una crema que ayudo que la transferencia de calor se la mejor posible ya con eso se conectó los diez mosfets en paralelo en todo el disipador y se unió cada compuerta, drenador y fuente con su correspondiente, todo lo explicado anteriormente fue básicamente todo lo que realizo en la construcción de la parte de elementos de conmutación ya en las siguientes hojas se mostrarán diferentes fotos del proceso.



FIGURA 95 Disipadores de calor

En la imagen superior se tiene una toma de los tres disipadores antes de ser mandados a soldar, estos fueron encontrados muy fácilmente y con un precio muy económico.

Y en la imagen inferior se observa una parte de los mosfet colocados con su respectivo aislamiento.



FIGURA 96 Mosfets colocados en uno de los disipadores



En esta imagen se observa ya las partes soldadas que han sido pulidas y luego pintadas con un aerosol plateado y con sus pernos en las partes laterales.

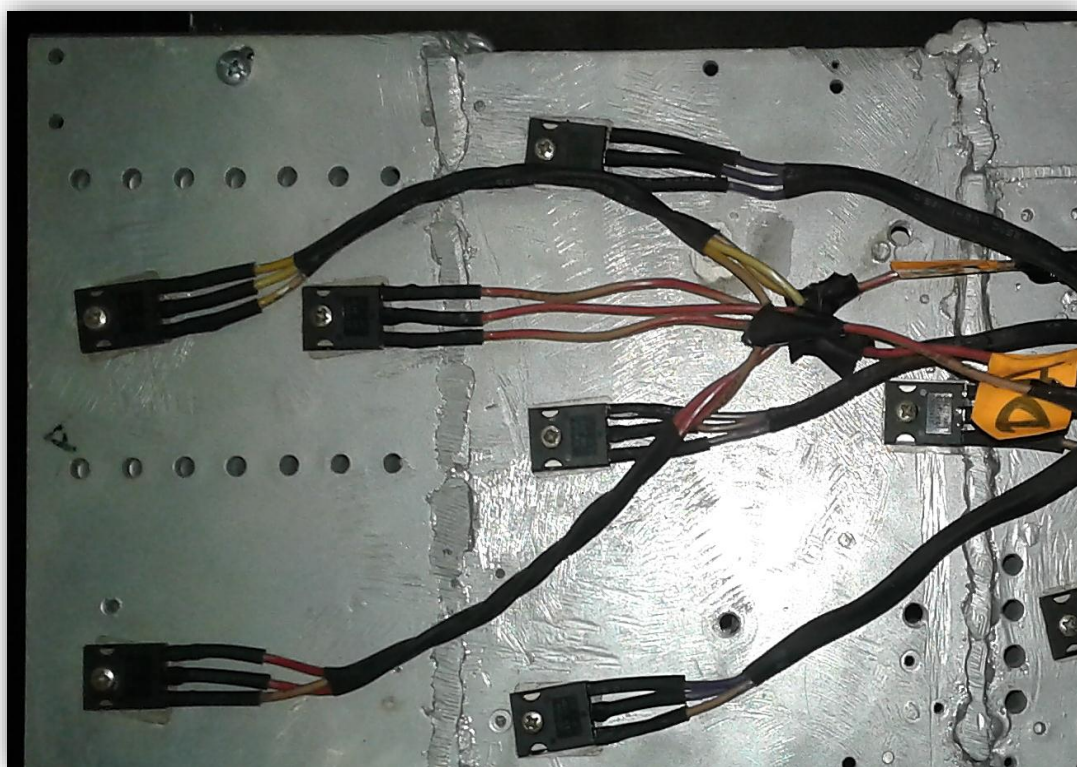


FIGURA 97 Soldadura con aluminio para juntar los tres disipadores

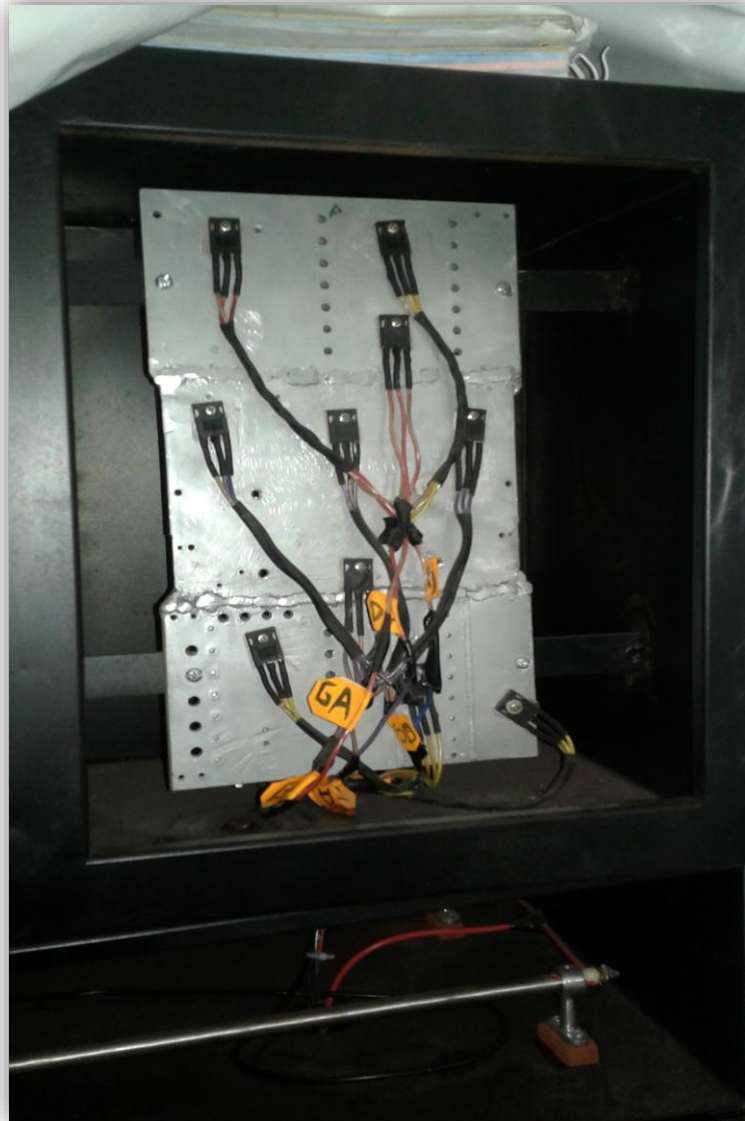


FIGURA 98 Módulo de conmutación ya terminado

Esta es la imagen final de como quedo el módulo de conmutación ya instalado dentro del utilitario de adquisición de datos, este está sujeto al armazón y los cables de conexión pasan a través de cada cajón metálico hasta llegar al de control.

4.5 ELEMENTOS DE DISIPACION DE POTENCIA

Para la parte de disipación de potencia no hubo mucha construcción por parte del tesista ya que estas fueron mandadas a hacer a una tienda especializada en elementos de potencia, eléctricas y electrónica de potencia, lo único que se tuvo en cuenta fue, que las resistencias al estar funcionando durante un tiempo de 5 a 10 minutos por prueba debían ser distintas a las resistencias típicas unas verdes con hilo de micrón y con un recubrimiento de protección y que disipaban mediante cerámica pero generalmente las resistencias de frenado solo entran en funcionamiento unos segundos no son para estar en funcionamiento por tiempos de 10 minutos o más, por eso que las resistencias anteriores cuando se mandaron fabricar a otra tienda no se conocía ese dato y cuando se probó empezaron a quemar el recubrimiento por el tiempo prolongado de exposición por lo que estas nuevas son de acero inoxidable abiertas sin ningún tipo de recubrimiento y con potencia de 2kw cada una con 2 ohm por resistencia y juntas estas dos hacen 1 ohm a 4 kW suficiente como para funcionar sin calentarse mucho.



FIGURA 99 Resistencias utilizadas

Estas imágenes se muestran los dos extremos de las resistencias estas resistencias tiene un largo promedio de 1 metro 20 cm, si se observan detenidamente se verá que en sus extremos lleva una parte blanca que no es más que la cerámica adherida con un pegamento propio del fabricante, para evitar que la resistencia entre en contacto con la carcasa de metal y evitar posibles daños a la persona ya que por esta pasa la corriente generada por el motor DC que esta e el orden de 10 a 15 amperios dependiendo del ciclo de trabajo, en esta se puso una base de madera como se nota en ambas figuras, pero esta no está fija a la carcasa de metal para que sea más fácil transportarla.

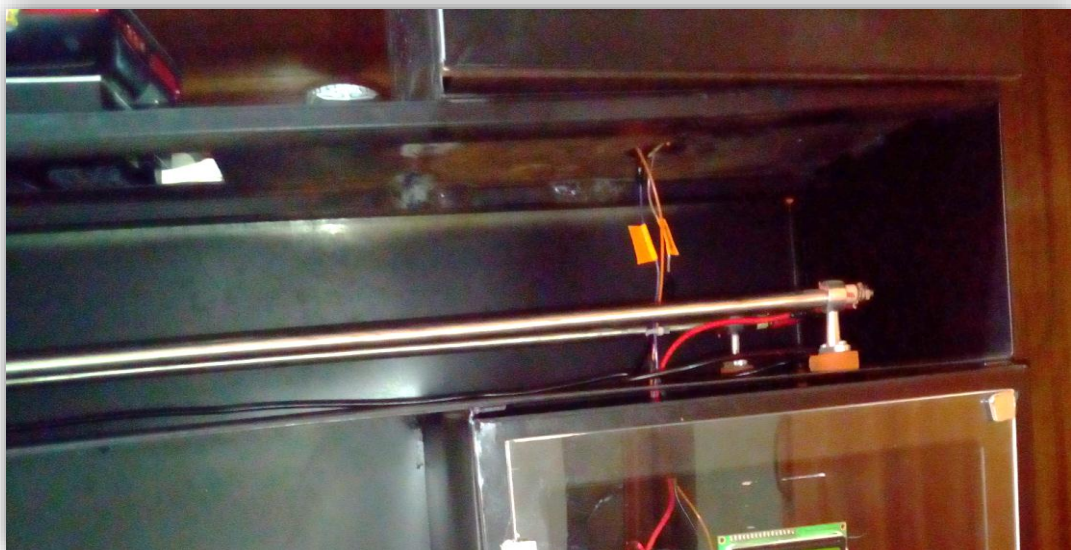


FIGURA 100 Cableado interno



FIGURA 101 Conexionado en paralelo

En esta sección se visualiza la forma de conexión de las dos resistencias que es paralela a través de un cable número 16, en la figura inferior originalmente se diseñó que las resistencias iban a estar dentro de un cajón de metal esa es la razón por la que en esa imagen se observa una ventana rectangular arriba de las resistencias ya que al estar contenida dentro de un cajón iban tener que enfriarse a través de esa ventana pero después por motivos de que no se iba a poder apreciar correctamente las dos resistencias y su conexión se procedió a quitarles el cajón y dejarlas expuestas para una mejor visión general del sistema completo.



FIGURA 102 Toma final de las resistencias

COSTO PARA LA CONSTRUCCION DEL UTILITARIO

A. Parte mecánica, Armazón y otros

MATERIALES	COSTOS SOLES
Motor de imán permanente de 2 hp (usado)	S/. 200.00
Motor Trifásico de Corriente Alterna 0.5 hp	S/. 350.00
Acople Mecánico	S/. 50.00
Resistencia de Acero	S/. 220.00
Disipadores de Aluminio	S/. 30.00
Armazón Metálico	S/. 800.00
Pernos y Sujetadores	S/. 35.00
Base para Motores	S/. 50.00
Acrílico (como puertas)	S/. 50.00
SUBTOTAL	S/. 1785.00

B. Gastos de Envío

ENVIOS	COSTOS SOLES
Gasto de motor de imán permanente	S/. 250.00
Gasto de componentes electrónicos y transformadores	S/. 450.00
Gasto de aduanas y almacenaje	S/. 900.00
SUBTOTAL	S/. 1600.00

C. Parte electrónica y Eléctrica

MATERIALES	COSTOS SOLES
Transformadores con aislamiento de 3.5kV (15 unidades)	S/. 350.00
Placa baquelita 2 caras de 2oz (4 unidades-tamaño A3)	S/. 250.00
Acido Férrico (4 LITROS)	S/. 80.00
Contactor ABB trifásico (1 unidad)	S/. 80.00

Cables eléctricos #12	S/. 40.00
Borneras y conectores negros (8 unidades) y rojas 8 (unidades)	S/. 48.00
Resistencias censado (4 unidades)	S/. 33.00
Amplificador de aislamiento	S/. 70.00
Mosfet (10 unidades)	S/. 25.00
Microcontroladores Atmel y Microchip	S/. 45.00
Condensadores Electrolíticos (40 unidades)	S/. 30.00
Resistencias smd (270 unidades)	S/. 25.00
Condensadores smd ceramicos (100 unidades)	S/. 17.00
Regulador TL 780-05 (16 unidades)	S/. 30.00
Amplificador operacional (15 unidades)	S/. 37.00
Filtro de 12 amperios 250 VAC	S/. 65.00
Regulador MIC29300-12BU 3 amperios (20 unidades)	S/. 60.00
Cristal resonador (5 unidades)	S/. 10.00
Pasta para soldar smd (4 unidades)	S/. 20.00
Flux para procesadores (2 unidades)	S/. 80.00
Puntas para soldadura smd	S/. 20.00
Botones de arranque y parada motor	S/. 25.00
SUBTOTAL	S/. 1440.00

TOTAL	S/. 4825.00
--------------	--------------------

CAPITULO 5

PRUEBAS DEL UTILITARIO

PRUEBAS DEL UTILITARIO

5.1 PRUEBAS EN HARDWARE

Para la realización de las pruebas del utilitario se separara en dos partes las pruebas de la parte física y las de la parte de código o software.

Para la realización de la parte física se mostrara la prueba principal (esta es respecto al hardware) y otras subpruebas que consisten en mostrar el funcionamiento de los elementos de conmutación, disipación, control, entre otros.

A pesar de que este utilitario tiene una amplia capacidad para realizar diferentes pruebas y mostrar una gran cantidad de datos en software, obtener ese producto final requeriría más tiempo, por lo que este utilitario solo si limita a una prueba que es la de carga del motor trifásico.

Por lo que ahora se empezara a mostrar las tres pruebas de carga al motor trifásico que consisten en las siguientes:

- Sin carga o al vacío
- Carga nominal
- Sobrecarga

Para la realización de estas pruebas se utilizaran los elementos: cargas resistivas, elementos de conmutación y el cajón de control por PWM.

Todas las pruebas tanto hardware como software fueron realizadas con una tensión trifásica de 220 VRMS sin neutro y a una frecuencia de 60 Hz.

5.1.1 PRUEBA DEL MOTOR TRIFASICO SIN CARGA NOMINAL O AL VACIO

Para la realización de esta primera prueba se utilizó una pinza amperimétrica, la cual fue instalada en una de las fases del motor trifásico que a la vez este estaba conectado a un contactor ABB de manera directa a través de una red trifásica de tres conductores sin neutro a 220 Vrms, para esta parte a pesar de que los elementos como el motor dc, las resistencias estaban conectados, las cargas resistivas no disiparon nada ya que al poner el PWM en 0% (switch de potencia se encuentra abierto) este está sin carga o al vacío, con la excepción de que la única carga que arrastro el motor trifásico fue el eje del motor DC pero esta es mínima.

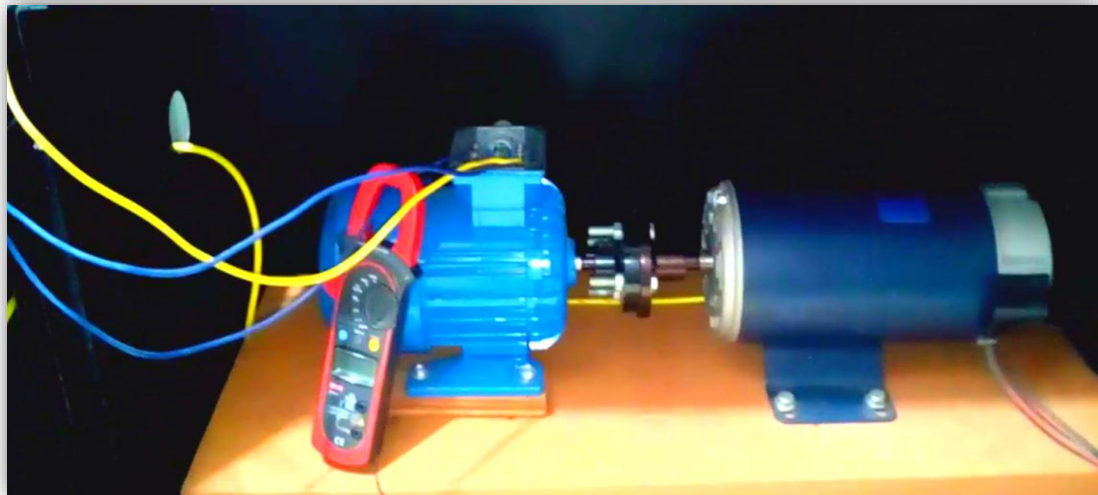


FIGURA 103 Elementos de prueba uno

Como resultado se observa que al realizar una medición en una de sus fases el motor trifásico al vacío (0% ciclo de trabajo del PWM) consume 1.51 Amps.



FIGURA 104 LCD parte del PWM



FIGURA 105 Resultado sin carga

Esta es la medida que registró la pinza amperimétrica, luego en esta misma prueba se observó el desfase de la corriente y el voltaje de una de las fases, estas señales se obtuvieron de la placa de adquisición de datos que está conectada a las fases del motor trifásico y fueron vistas a través de un osciloscopio.

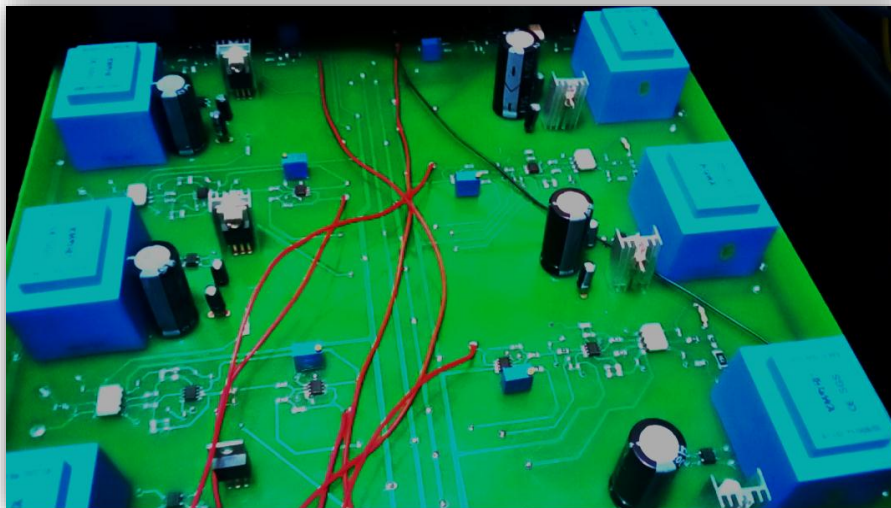


FIGURA 106 Tarjeta de adquisición

La imagen superior muestra la placa de adquisición en donde con el osciloscopio se midió la salida de una fase de corriente (proveniente de la resistencia shunt) y voltaje (del divisor de tensión hecho con resistencias smd).

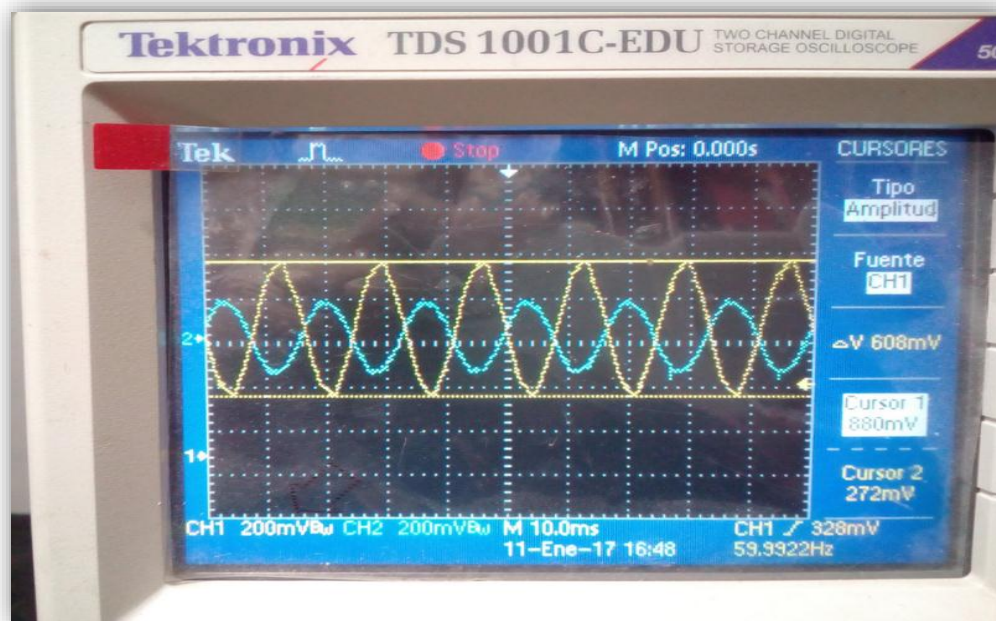


FIGURA 107 Desfasaje de corriente y tensión

En las imágenes se observa tomas del osciloscopio con una señal amarilla y una azul, la azul corresponde a la corriente y la amarilla al voltaje de la fase uno. La amarilla tiene una amplitud de pico a pico de 608mv y la azul de 328mv, también se puede observar que existe un desfase de 90 grados exactos ya que pertenecen a la misma fase.

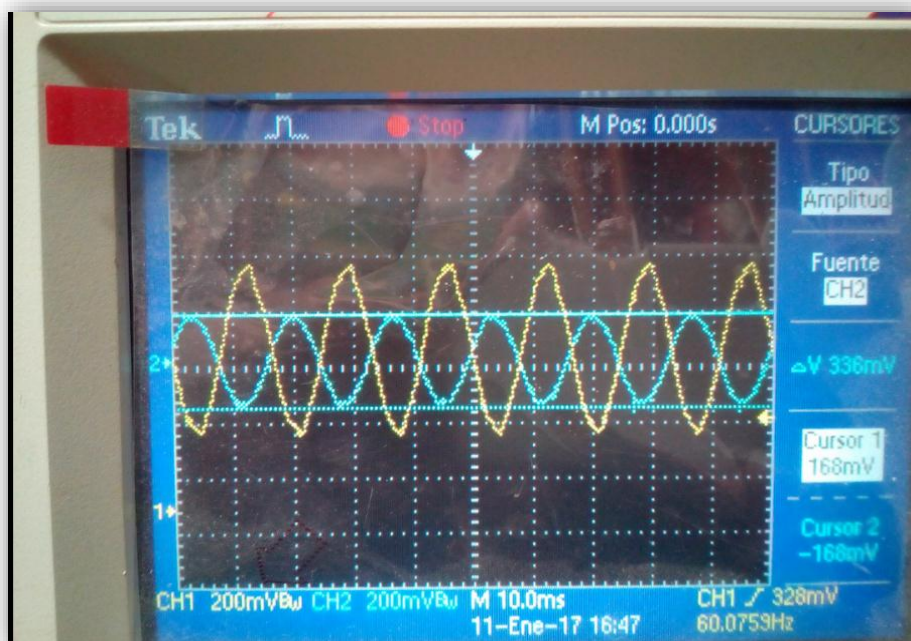


FIGURA 108 Corriente amplitud

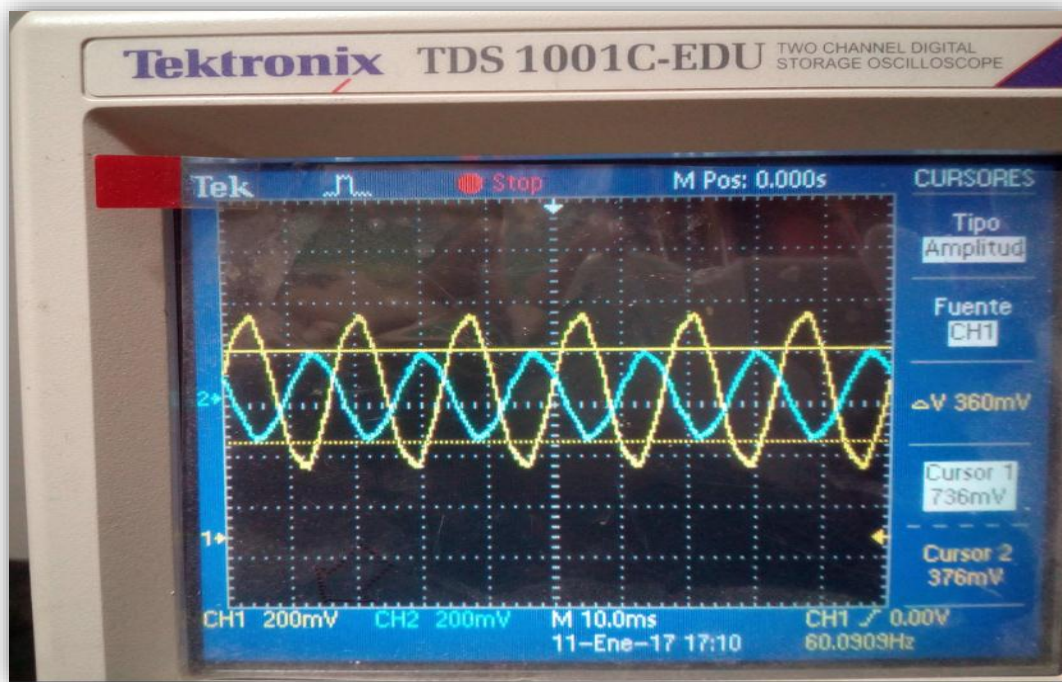


FIGURA 109

Esta parte se ha realizado una medición de voltaje de la fase uno y la corriente de la fase tres por esa razón se observa que el ángulo de desfase es de más de 90 grados.

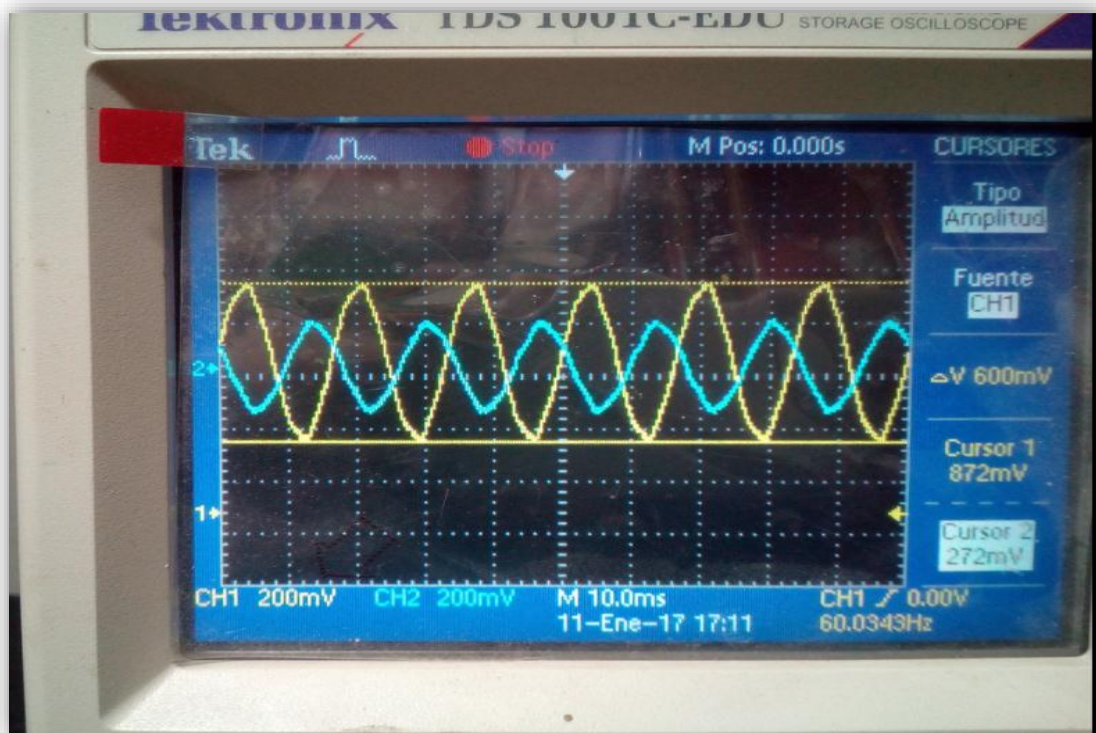


FIGURA 110

5.1.2 PRUEBA DEL MOTOR TRIFASICO CON CARGA NOMINAL

En la prueba numero dos fue realizada con el mismo elemento de medición utilizado en el primer punto, en la cual se empezó a usar las resistencias después se arrancó de forma directa el motor trifásico, pero se fue aumentando gradualmente el ciclo de trabajo de la tarjeta de control de PWM hasta llegar al 64 % en el cual se observó que el motor trifásico consume en una de sus fases entre 2.12 y 2.08 que vendría a hacer que el **motor está trabajando en su carga nominal**, ya que por datos de placa del propio motor especifica que a un voltaje de 220 Vrms la corriente que consumirá por fase será 2.1 Amps ya que se considera a un motor como una maquina eléctrica equilibrada.



Esta es el porcentaje que se varió mediante una perilla en el cajón de control, donde la frecuencia PWM es fija de 4KZ.

FIGURA 111 Porcentaje LCD



FIGURA 112 Multímetro resultado segunda prueba

5.1.2 PRUEBA DEL MOTOR TRIFASICO CON SOBRECARGA

Para esta tercera prueba el arranque fue de la misma manera que las dos pruebas anteriores solo que esta vez se llevó el ciclo de trabajo del pwm al 100% de una manera gradual ya que el motor no puede iniciar con carga debe iniciar al vacío y ser llevado al estado correspondiente paulatinamente ya que podría destruir el elemento de conmutación, esta es una de las cosas a tener en cuenta al realizar las pruebas al apagarse el motor este no debe ser apagado con la carga aun conectada debe disminuirse a cero por ciento la carga que se muestra en el LCD para que no dañe los elementos de conmutación, eso es aplicable tanto al encendido y apagado.

El resultado de esta prueba nos mostró que el motor trifásico en una de sus fases consumía 6.01 Amps a un PWM del 100% indicando una **sobrecarga** del motor trifásico, este estado de sobrecarga solo se puede mantener como máximo unos 20 a 30 segundos para no provocar daños al switch de potencia.

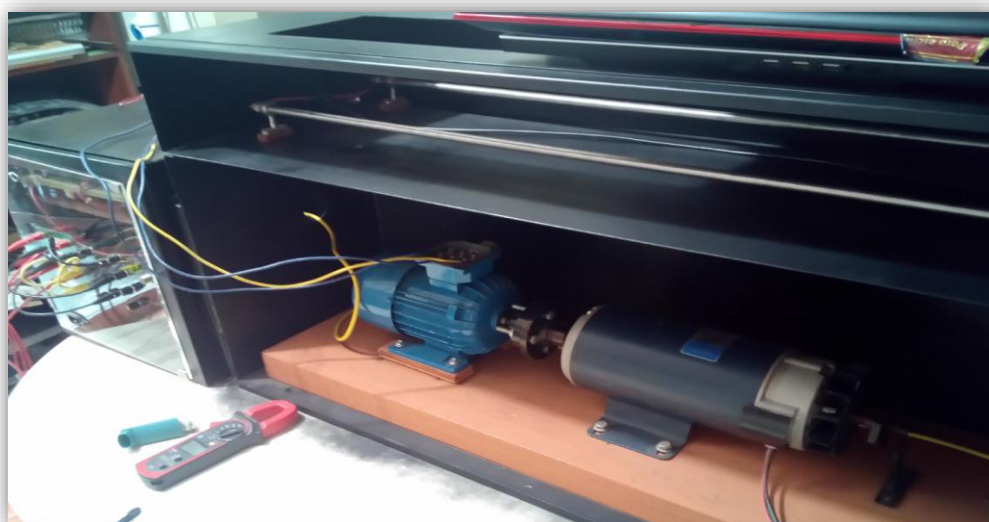


FIGURA 113 Tercera prueba



FIGURA 114



FIGURA 115 Corriente sobrecarga

Ahora una vez realizadas las pruebas de carga del motor trifásico se mostrara las pruebas de las resistencias de potencia con los elementos de conmutación, en donde se verán las formas de onda de salida a la compuerta-fuente y drenador-fuente.



FIGURA 116 Pruebas con resistencia

Señal de salida entre drenador y surtidor que está en serie con la resistencia de frenado y que a la vez esta se encuentra en serie con el motor DC

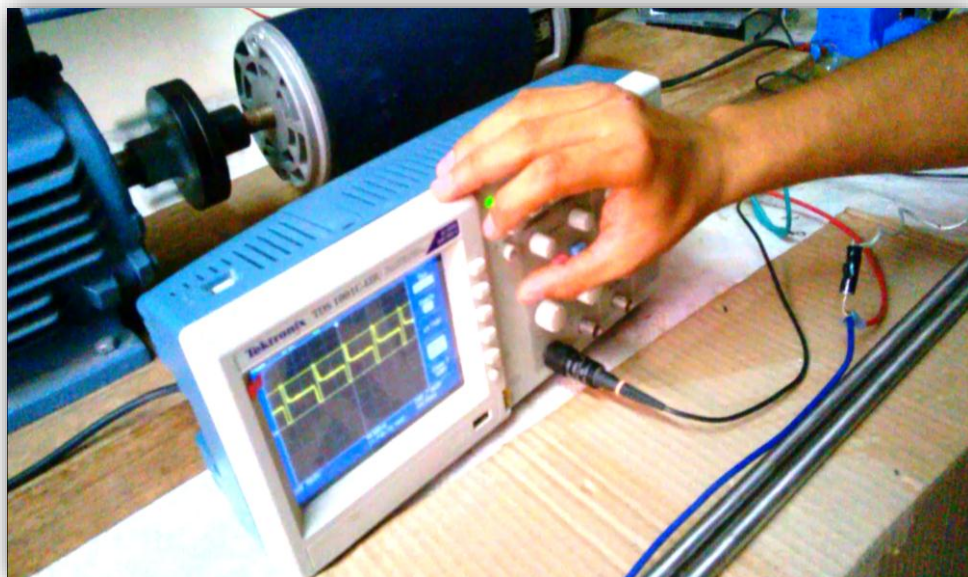


FIGURA 117 Señal de salida

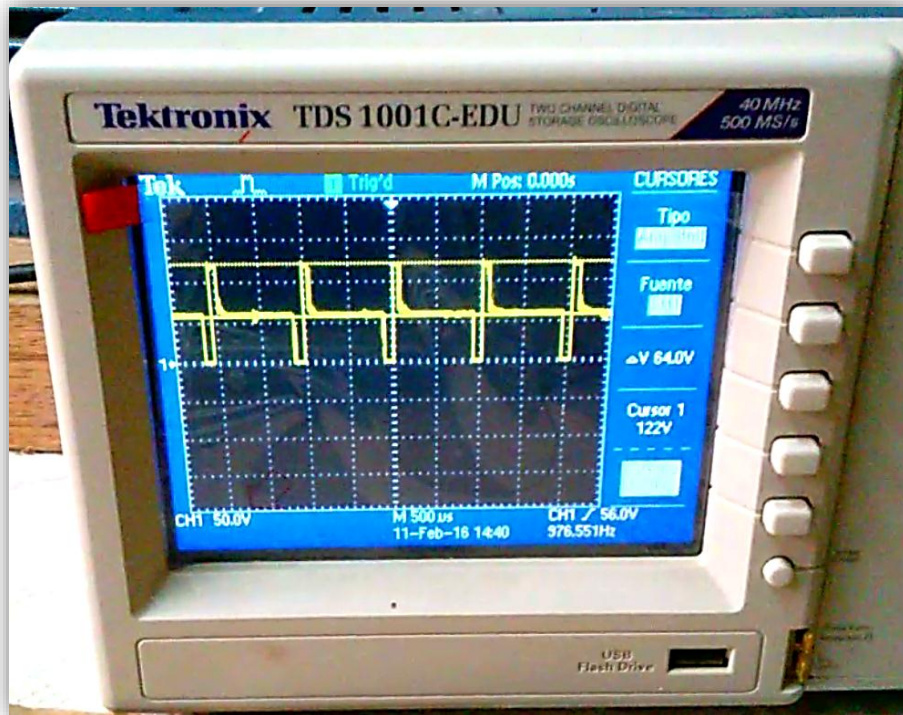


FIGURA 118 Forma de onda

Estas imágenes son un acercamiento del PWM, pero se ve un cambio en la forma de este debido a un pico en la tensión ya que el motor DC contiene bobinas internas que causan esta variación.

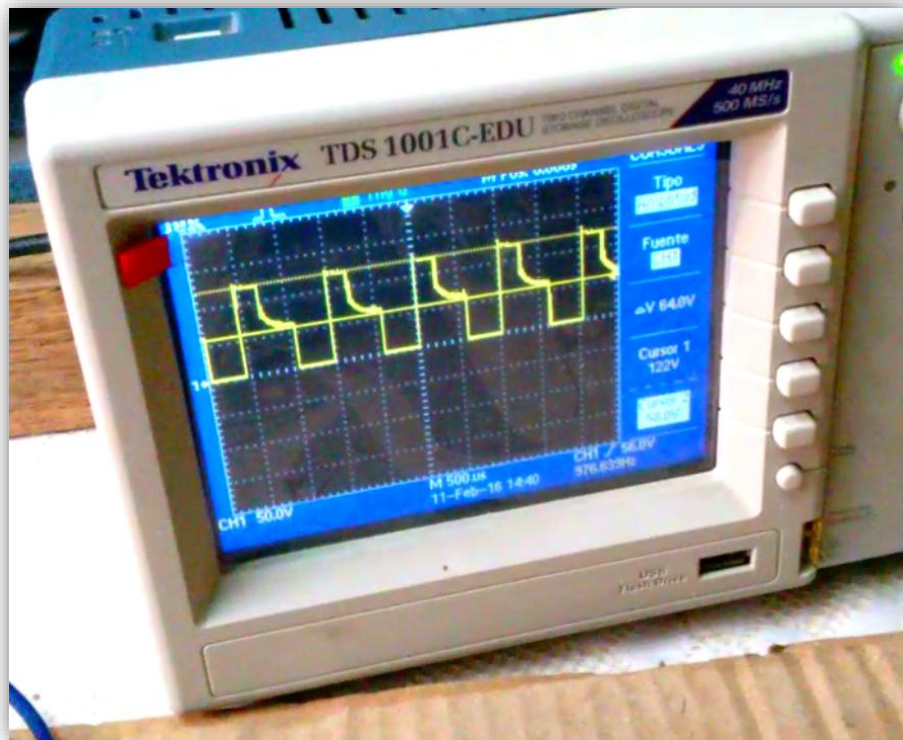


FIGURA 119

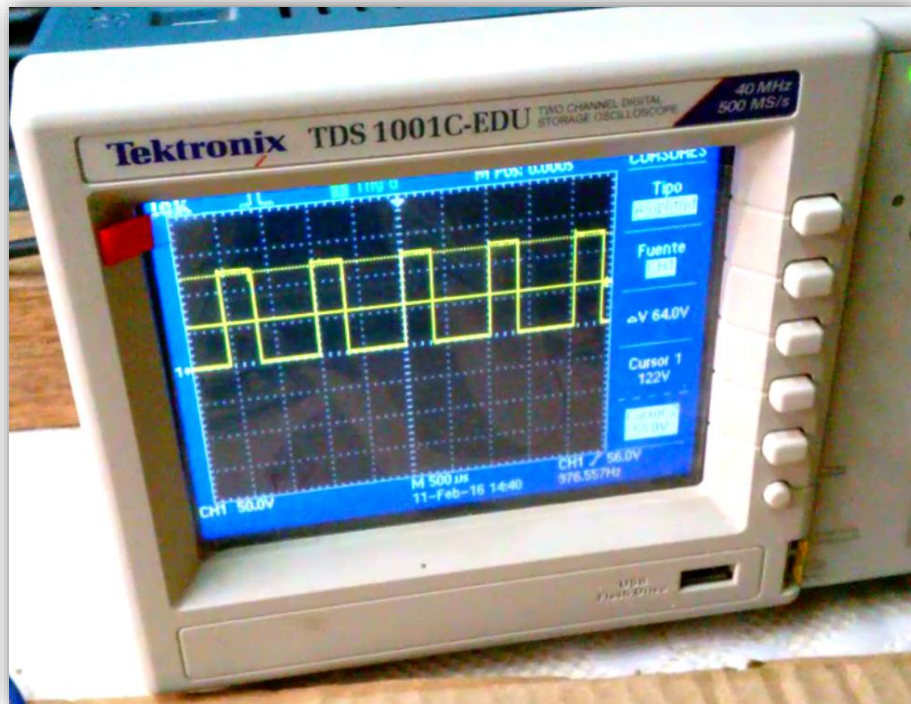


FIGURA 120

Como se observa en la imagen del osciloscopio este pico es el doble del voltaje que genera el motor unos 60 voltios DC y que con este pico llega a 120 conforme se va variando el porcentaje del ancho del pulso, este también se llena hasta volverse una señal cuadrada de 120 voltios pico.

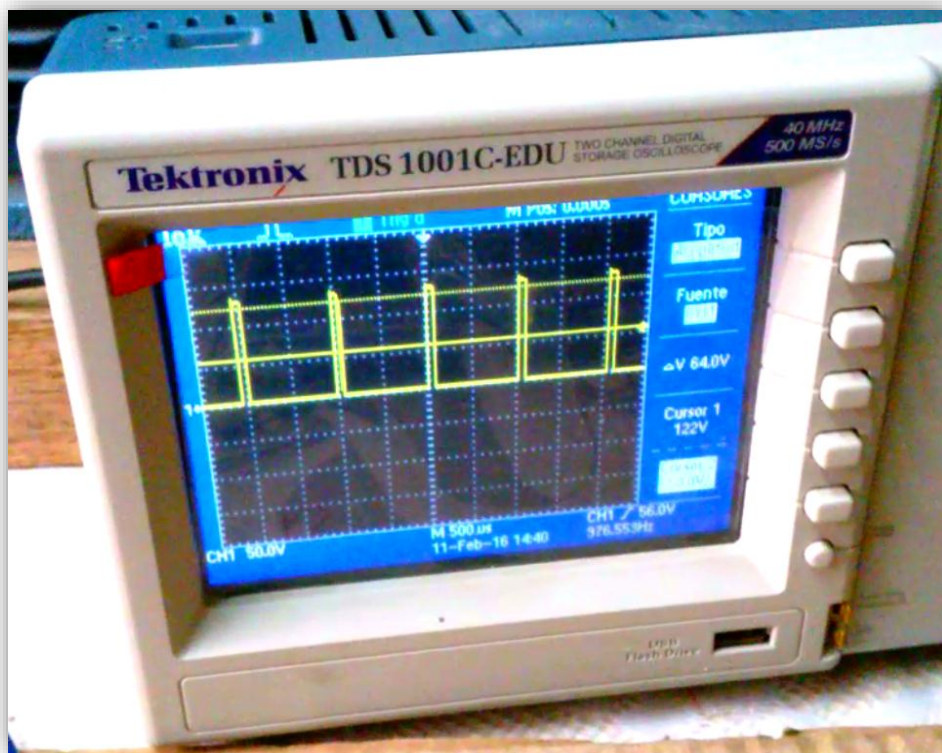


FIGURA 121



FIGURA 122

Anteriormente se mostró la señal entre el drenador y fuente, ya en estas se muestra la señal de entrada entre la compuerta (12 voltios DC) y fuente esta es generada por la tarjeta de control que está aislada de la etapa de potencia para no ocasionar posibles daños y cortes con la etapa de control.

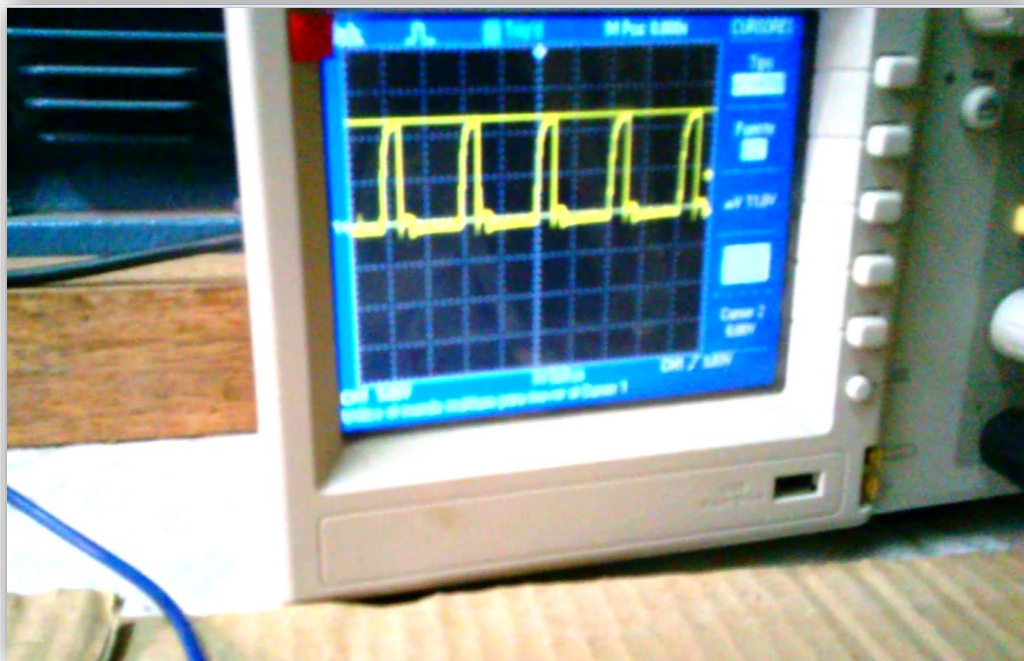


FIGURA 123

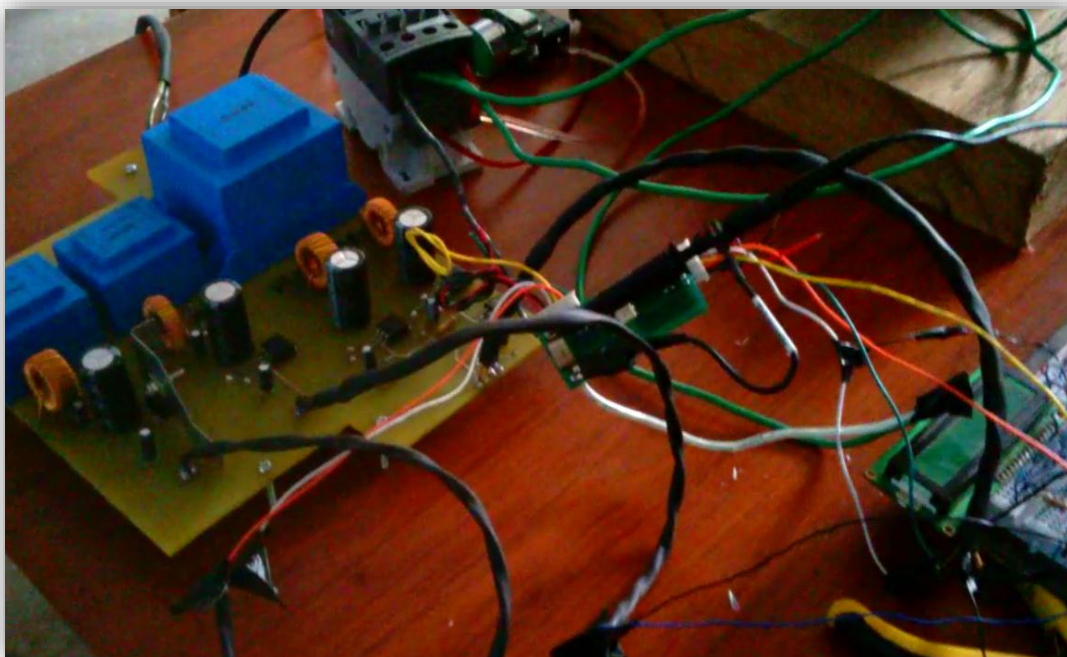


FIGURA 124

Estas imágenes muestran el circuito (resistencia shunt) y la señal de salida de este que corresponde a la corriente de una de las fases del motor trifásico aun sin filtrar con los ruidos propios de la línea.

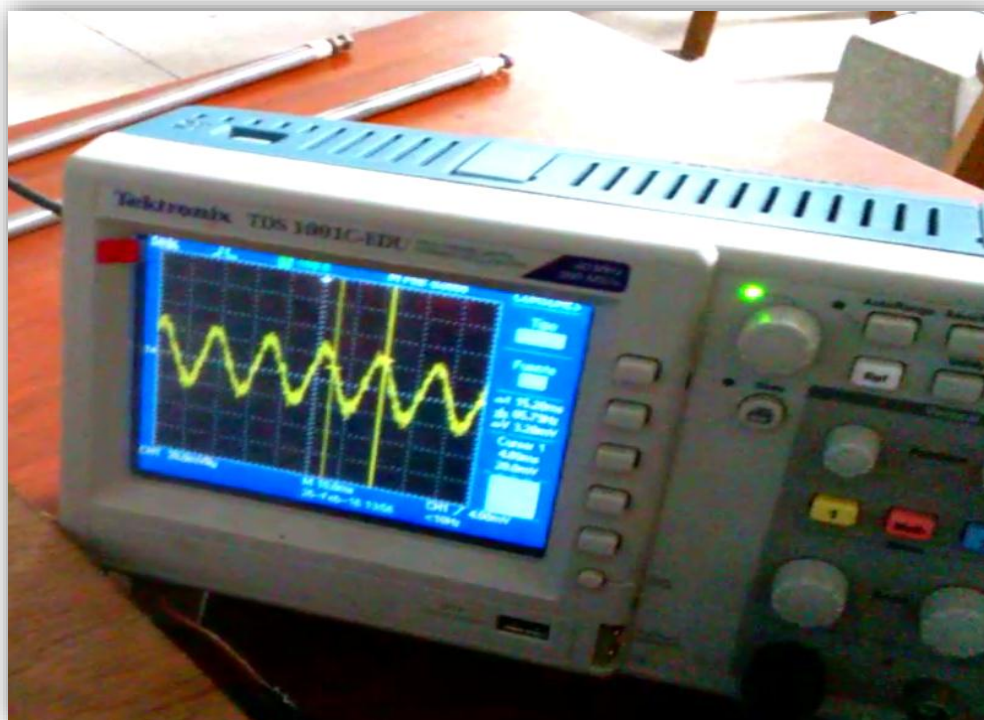


FIGURA 125

5.2 PRUEBAS EN SOFTWARE

Para las pruebas en esta área se utilizó el programa diseñado en el software Processing el cual consta de tres pestañas dentro de la interfaz las pestañas DAQ y CALCULO contienen en su interior los valores obtenidos directamente por los microcontroladores, voltaje, corriente (por cada una de las tres líneas trifásicas) y factor de potencia o coseno del ángulo de desfase (coseno del ángulo entre el voltaje y corriente de cada línea respectiva).

5.2.1 DATOS CON MOTOR AL VACIO

Los datos que se muestran en la interfaz corresponden a los valores de V1, V2, V3, I1, I2 y I3 que están siendo censados en tiempo real, donde las corrientes de las líneas están en un promedio de 1.25 amperios y el voltaje ronda los 121 voltios RMS, los otros casilleros muestran la potencia activa y la potencia reactiva consumida por cada línea estas fueron halladas ya que el microcontrolador es capaz de hallar el ángulo de desfase.

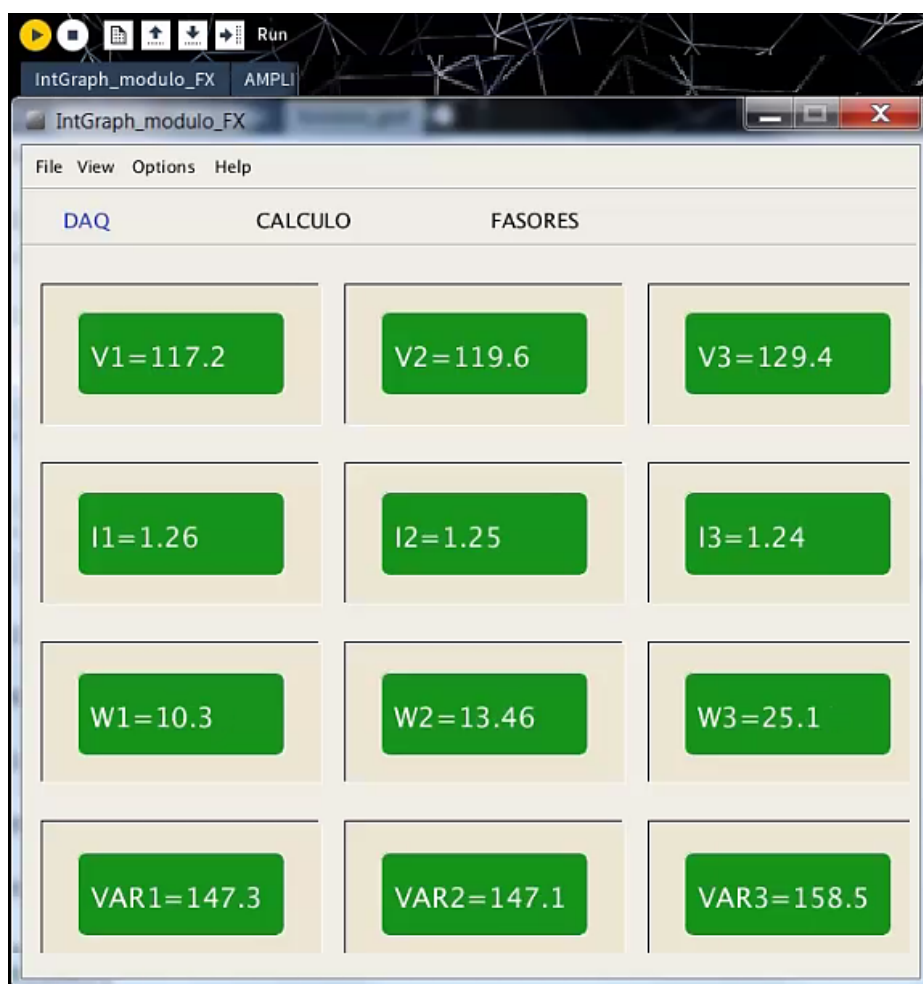


FIGURA 127



FIGURA 128

En esta segunda pestaña (CALCULO) encontramos la potencia aparente de cada línea con promedio de 152.5 VA, los tres tipos de potencia total que consume el motor de medio hp, potencia activa total (WT), potencia reactiva total (VART) y potencia aparente total (VAT) y por último el factor de potencia de cada línea ($\cos \phi$, VI), VI1 (voltaje 1 y corriente 1), VI2 (voltaje 2 y corriente 2), VI3 (voltaje 3 y corriente 3) con un factor de potencia promedio de 0.1 que corresponde a un ángulo promedio entre voltaje y corriente de 84 grados, todos estos valores son con el motor en funcionamiento pero sin carga (la única carga sería el eje del motor DC acoplado a este pero con un 0% de PWM).

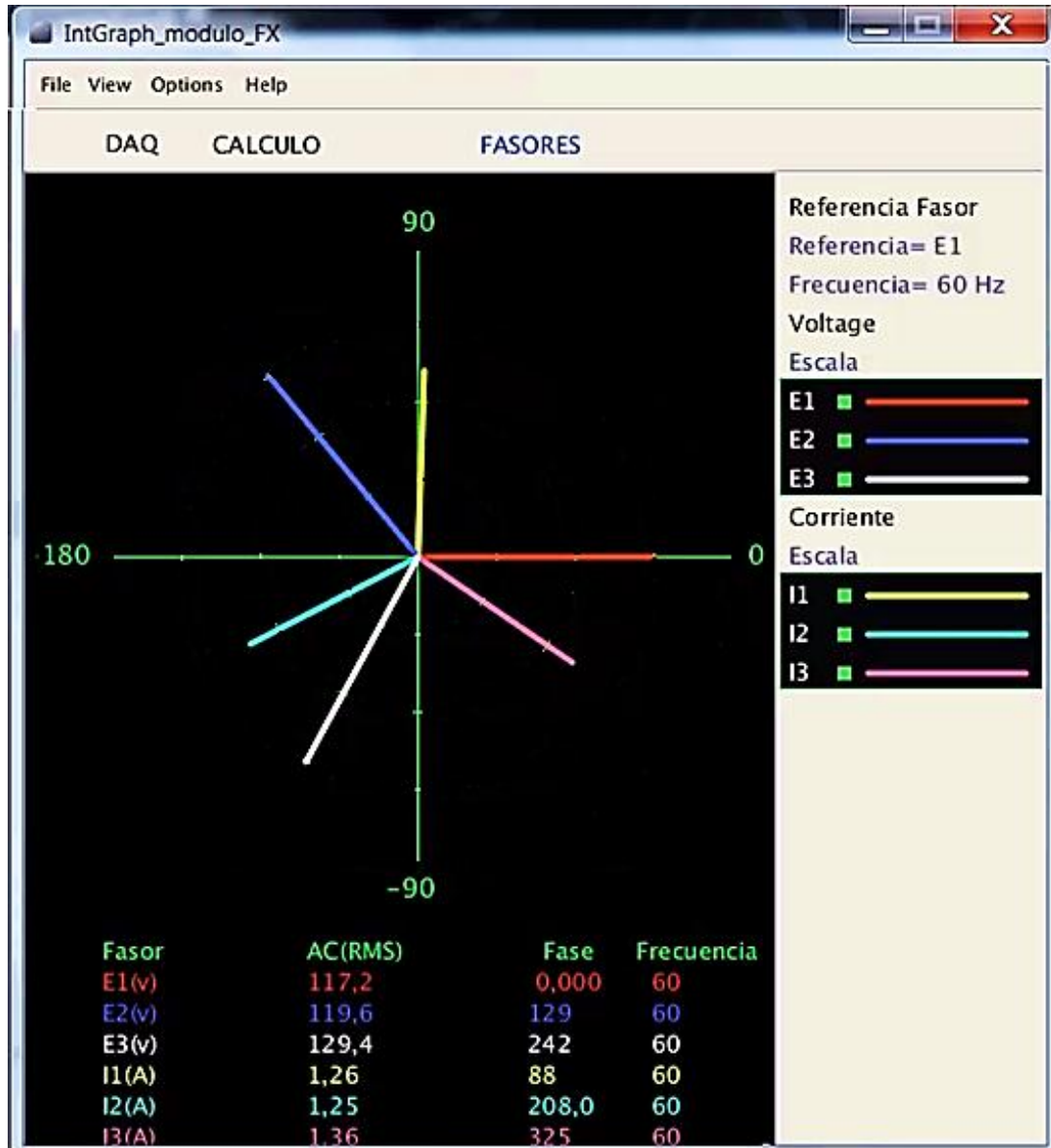


FIGURA 129

En la última pestaña (FASORES) encontramos una gráfica donde se observa de una manera más didáctica los ángulos entre voltajes y corrientes todos referenciados a E1 (voltaje uno) es por eso que este se encuentra con un ángulo cero, las tres tensión E1 (rojo)-E2 (azul)-E3 (blanco) están separadas por un ángulo de 120 grados cada una, al igual que la corriente uno (amarillo) tiene un desfase en atraso de 88 grados respecto a su tensión E1, la corriente dos (celeste) tiene un desfase respecto a su tensión dos (azul) de unos $(208 - 129 = 79)$ 79 a 80 grados y así similar la corriente tres con la tensión tres de $(325 - 242 = 83)$ 83 grados, todos siendo obtenidos a tiempo real.

5.2.2 DATOS CON MOTOR A CARGA NOMINAL

La carga nominal del motor se da a los 2.1 amperios a un 64% de PWM, donde puede apreciarse que el factor de potencia está en un promedio de 0.59 a 0.6 y la potencia activa total está a 451.1 W la potencia del motor es 372 W unos 79 W de diferencia siendo el error debido a la baja potencia de procesamiento del hardware (8 bits).



FIGURA 127

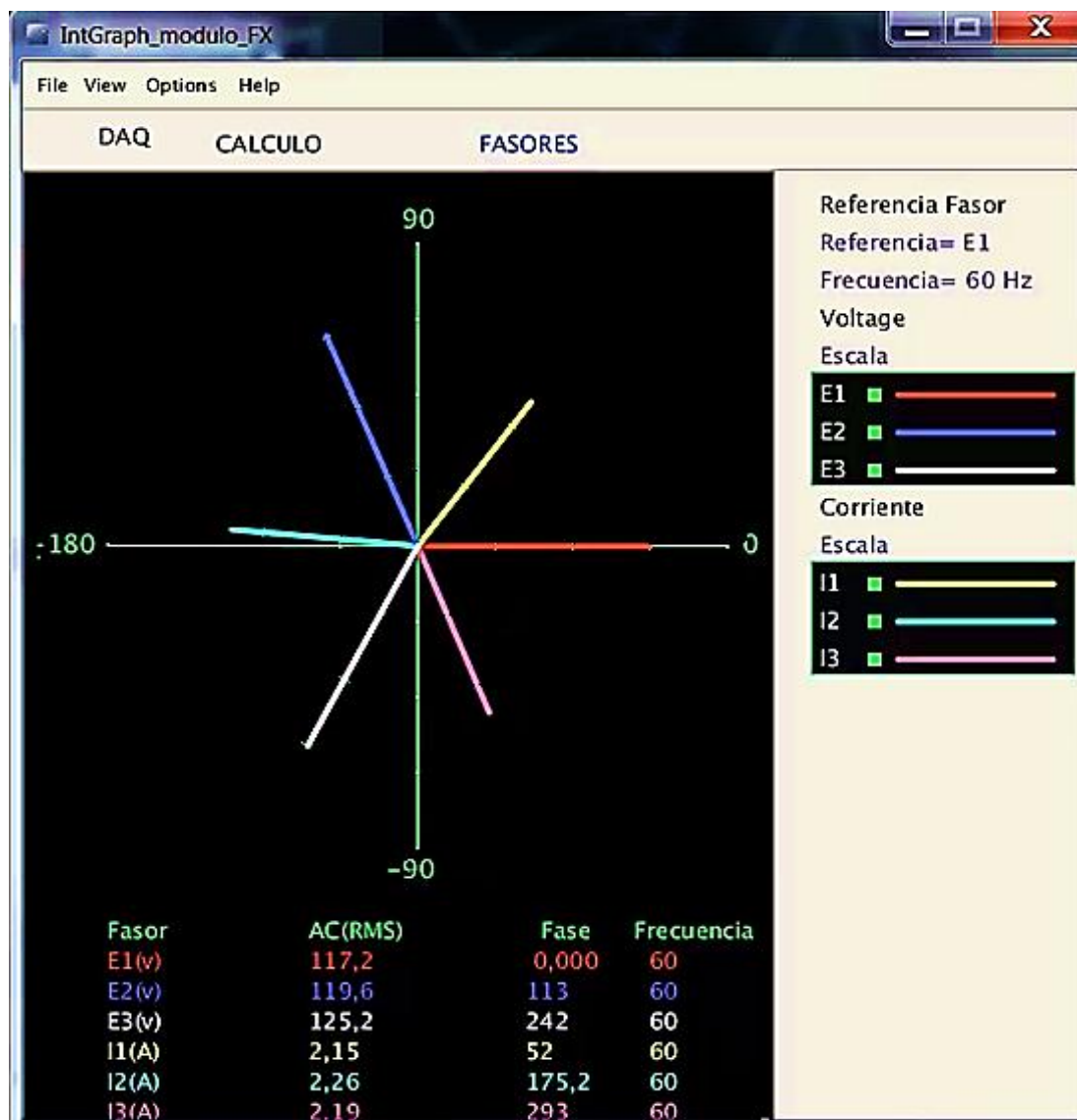


FIGURA 131

En esta segunda prueba encontramos que los ángulos entre las tensiones E1, E2 y E3 se mantienen cercanos a 120 (con un error de 2 a 6 grados por la baja potencia en hardware), pero la fase de las corrientes con respecto a su referencia E1 ha cambiado por ejemplo la corriente I1 ha disminuido en fase 36 a 40 grados, la I2 de 33 a 36 grados respecto a E2 y la I3 de 32 a 36 grados, esto nos lleva a un F.P de 0.6 (promedio) indicándonos que ha aumentado la eficiencia con la que se aprovecha la energía eléctrica para producir trabajo útil.

5.2.3 DATOS CON MOTOR A SOBRECARGA

En la sobrecarga con un PWM al máximo la corriente se dispara a un promedio de 5.93 Amps y a un promedio de potencia activa de 443 W por línea y una total de 1.322 KW y un F.P promedio total de 0.64, el cual no tiene mucha diferencia respecto los 0.6 que corresponden a la carga nominal.



FIGURA 132

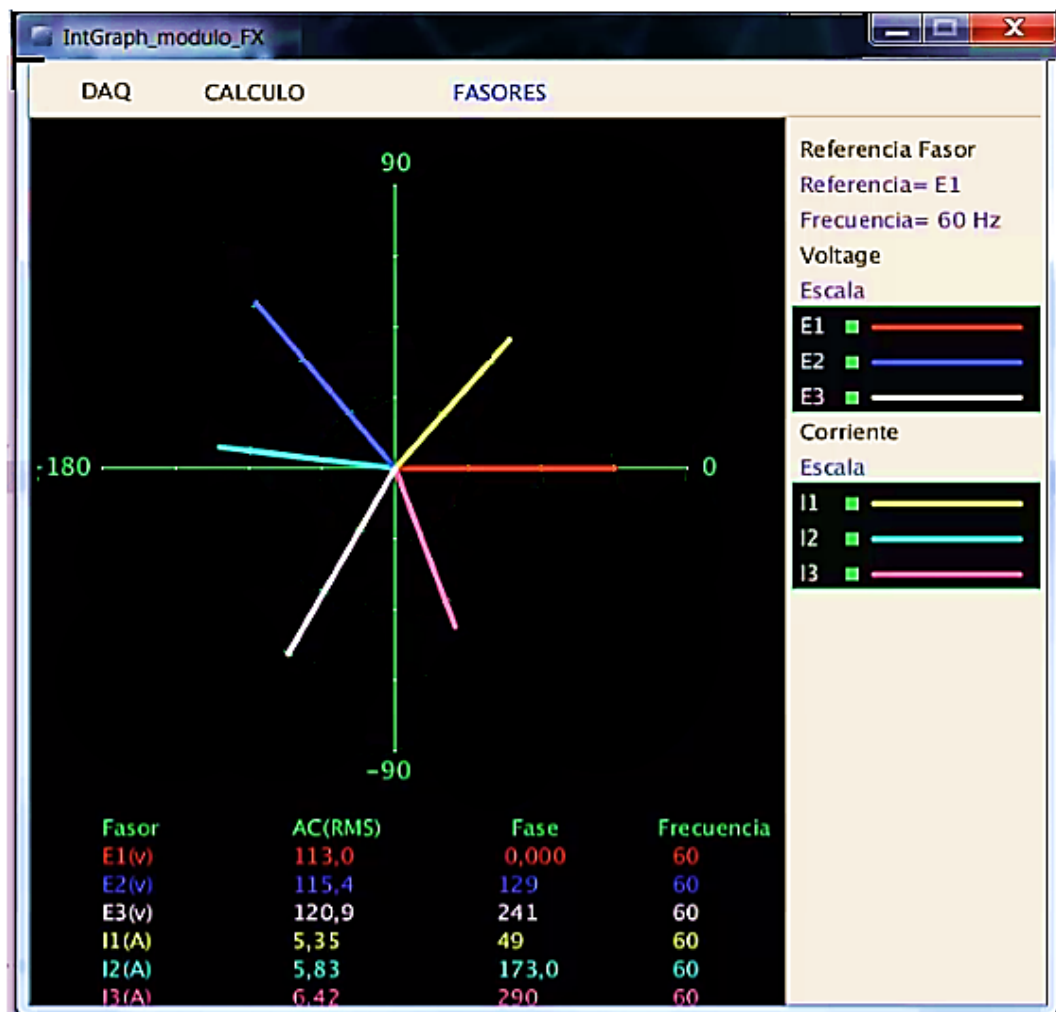


FIGURA 133

En esta tercera y última prueba se observa que al sobrecargar el motor el desfase entre tensiones y corrientes ya no presento un cambio muy grande más que solo 3 a 5 grados y el desfase entre tensiones se mantuvo a 120 grados entre cada una.

CAPITULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

1. En la realización de pruebas y mediciones básicas del motor eléctrico de corriente alterna se mostró una manera de incrementar el entendimiento de los estudiantes en las áreas de máquinas y circuitos eléctricos al mostrarles a estos no solo las pruebas de carga del motor trifásico si no también instrumentos de medición basados en computadora que pueden ser expandidos mediante la modificación del código libre del software Processing a muchas mediciones más en comparación con las herramientas de medición convencionales, ya que combina hardware y software que maximizan el aprendizaje y la experimentación por parte del estudiante.
2. El diseño y la construcción del utilitario permitió obtener un sistema de pruebas de motores eléctricos de bajo costo y accesible a muchas instituciones en relación al precio de uno comercial fabricado por empresas como Festo o Terco en los cuales sus sistemas llegan a un precio de 4 veces más que el sistema desarrollado en la presente tesis.
3. Aprender el funcionamiento motores eléctricos trifásicos y de corriente directa ayudo a la mejor selección de estos ya que se seleccionó un motor DC de imán permanente porque se requería un control fácil y preciso de velocidad a través de un método ya conocido que es PWM.
4. En el estudio de los principios básicos de microcontroladores que mejor se adaptan a la adquisición y envío de la señal del utilitario se encontró que las características más importantes que debían tener estos eran la resolución del ADC, la inmunidad al ruido de este, el voltaje de referencia y de entrada del ADC, el modo de envío de datos entre ellos, la manera con la que se iba a comunicar con la computadora ya que una trama de bits muy grande complicaba el envío y la sincronización de todas las 11 variables (tensión, corriente y ángulos de fase), por lo que se utilizó dos micros para cálculo de valores y para el de comunicación USB se usó un pic 18F4550 de microchip.

5. De los diferentes principios de adquisición de datos conocidos se estudió a los sensores de corriente de tipo resistivo y de tipo transformadores, sensores de voltaje, se estudió el procesamiento analógico, el cual abarca el filtrado de señal, así mismo se estudió la separación galvánica y separación entre señales digitales y analógicas, los cuales tuvieron importancia en la adaptación de voltaje y corriente trifásica, evitar daños por corto circuito (separación galvánica o separación de puntos de referencia) y disminución del ruido ingresado a la señal por la propia conmutación interna de los integrados.
6. Para la prueba en vacío se obtuvo una pequeña potencia activa en cada línea que ronda los 25 vatios mientras que la componente en reactiva de cada línea es muy alta estando en un promedio de 156 var lo que indica que el motor al funcionar en vacío o por debajo del 50% de su carga nominal tiene un factor de potencia y un rendimiento muy bajo.
7. En carga nominal la potencia activa que demanda el motor aumenta en proporción a la potencia mecánica demandada, por lo que se observó un aumento de factor de potencia del motor de 0.16 a 0.67 (muy cercano a los datos de placa del motor 0.68) obteniendo un rendimiento cercano al 70% lo que nos indica un mayor aprovechamiento del motor como tal.
8. En la sobrecarga del motor (aumenta la potencia mecánica respecto a la carga nominal) la corriente llega a el triple de la nominal a plena carga, lo que ocasiona que la potencia reactiva aumente considerablemente y el que a pesar de que factor de potencia ha aumentado hasta 0.72 el motor eleva su temperatura lo que acorta el tiempo de vida (ya que disminuye el aislamiento de las bobinas del estator).

6.2 RECOMENDACIONES

- 1) Dentro de la construcción de un equipo tan ambicioso como lo fue éste, siempre se desea que haya una mejora continua del mismo; por lo tanto se recomienda a futuros estudiantes que tengan interés en el proyecto, la construcción de un equipo como este en la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, esto se lograría formando un equipo de trabajo donde cada grupo de estudiantes trabajara en una parte en específica guiados de la presente tesis que recoge tanto las fallas como los pasos para la construcción del utilitario, disminuyendo considerablemente el tiempo que tomo construir.
- 2) Incluir más pruebas para el motor trifásico, para que así el sistema sea adaptable a las necesidades del tema que se está tratando en ese momento, por lo que se recomienda construir cajones con cargas inductivas que simulen otro motor conectado a la red así observar el cambio del desfase y el factor de potencia, también a esto se le puede agregar otro cajón con un pequeño banco de condensadores el cual pueda ser conectada con las líneas del motor trifásico e ir realizando variaciones entre este y las cargas inductivas para comprobar el efecto que tiene estas en el sistema, entre muchas otras pruebas.

6.3 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. <http://www.mccdaq.com/pdfs/anpdf/Data-Acquisition-Handbook.pdf>
2. [http://www.ni.com/data-acquisition/what-is/esa/muestran las](http://www.ni.com/data-acquisition/what-is/esa/muestran%20las)
3. <http://www.ueidaq.com/media/static/whitepapers/daqIntro.pdf>
4. http://www.egr.msu.edu/classes/me451/jchoi/2008/notes/ME451_L8.
5. http://www.sciencpress.com/Upload/JCM/Vol%204_1_3.pdf
6. http://www.hrenato.net/curso/processing/processing_benfry.pdf
7. Electrical Machines y Electronics-by-U.A.Bakshi, A.P.Godse.
8. Simulación y Electrónica Analógica-Prácticas y Problemas-Adolfo H, Manuel A, Julio Pérez-Editorial Ra Ma.
9. Arranque y Protección de Motores Trifásicos - José Roldan Viloria- Editorial Paraninfo.
10. Transformadores- Manuel Álvarez Pulido- Editorial Alfaomega y Marcombo.
11. Sistemas Eléctricos de Potencia- Walter Brokering, Rodrigo Palma, Luis Vargas- Editorial Pearson Prentice Hall
12. <https://processing.org/handbook/>
13. <https://www.precisionmicrodrives.com/application-notes/ab-022-pwm-frequency-for-linear-motion-control>
14. <http://www.tecnoing.com/productos.aspx?CatId=BonRes>
15. <http://www.fixstars.com/en/openc1/book/OpenCLProgrammingBook/fft-fast-fourier-transform/>
16. <https://learn.mikroe.com/ebooks/digitalfilterdesign/>
17. <https://dspguru.com/dsp/links/filter-design-tools/>
18. <https://ocw.mit.edu/resources/res-6-008-digital-signal-processing-spring-2011/video-lectures/lecture-17-design-of-fir-digital-filters/>
19. <http://janaxelson.com/usbc.htm#Introduction>
20. <https://www.silabs.com/documents/public/application-notes/AN614.pdf>
21. <http://www.ni.com/white-paper/3410/en/>
22. <http://www.mccdaq.com/pdfs/specs/noise-reduction.pdf>
23. <http://www.unife.it/ing/informazione/itsc/datasheets/bb-3656-transf-isoamp.pdf>
24. <http://www.electronics-tutorial.net/amplifier/isolation-amplifier/>
25. <http://www.ti.com/lit/an/szza009/szza009.pdf>
26. http://www.eetimes.com/author.asp?doc_id=1327269
27. <http://au.rs-online.com/web/generalDisplay.html?file=electronics/emi-guidelines-for-pcb-design&id=infozone>
28. <https://learnemc.com/pcb-layout>
29. <http://us.tech-dream.com/wp-content/uploads/2015/09/EMCSIPI-Seminar2.pdf>

ANEXO A

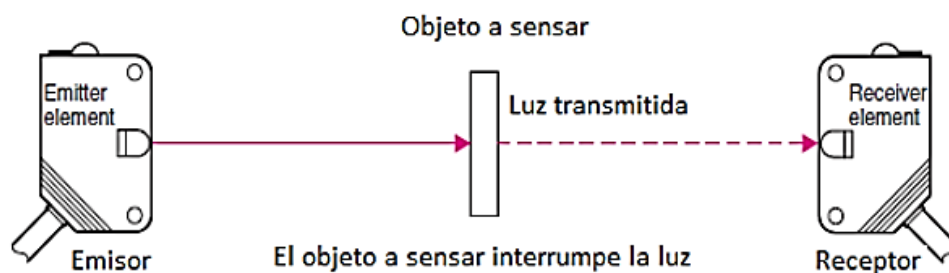
VARIACIONES DEL SENSOR FOTOELÉCTRICO

VARIACIONES DEL SENSOR FOTOELECTRICO

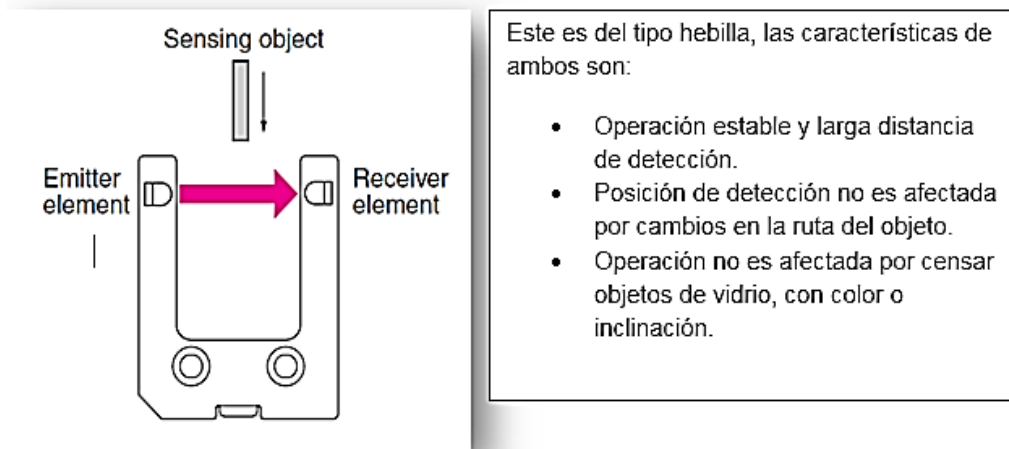
A.1 DETECCIÓN POR BARRERA O HAZ TRANSMITIDO

Compuestas por dos partes emisor y receptor que son instalados opuestos uno del otro para lograr que la luz proveniente del emisor entre en el receptor.

Cuando el objeto a detectar pasa entre el emisor y receptor interrumpe la luz emitida, reduciendo la cantidad de luz que ingresa al receptor. Esta reducción de la intensidad de luz es usada para detectar el objeto.

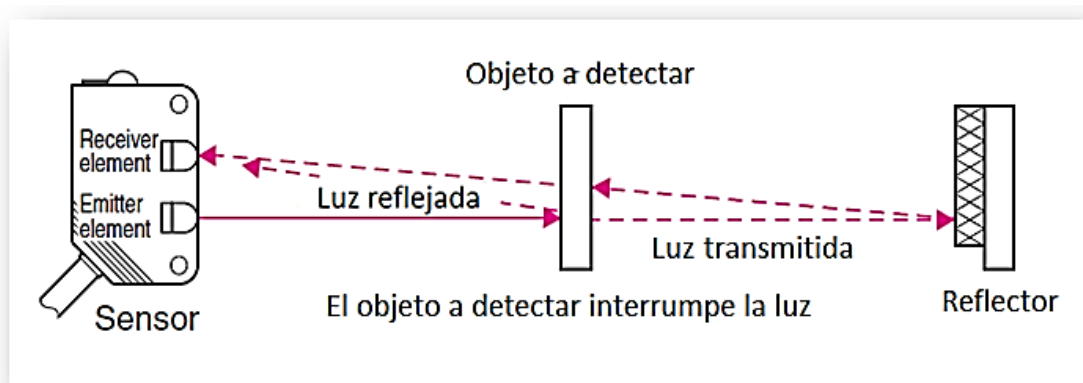


Otra configuración usual:

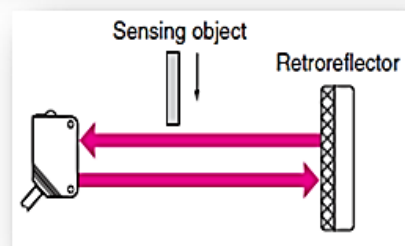


A.2 Detección retro reflexiva Polarizado

El emisor y receptor son instalados en el mismo casquillo y la luz del emisor es normalmente reflejada al receptor por un reflector instalado en el lado opuesto. Cuando el objeto a censar interrumpe la luz, reduce la cantidad de luz recibida por el receptor. Esta reducción de la intensidad de luz es usada para para detectar el objeto.



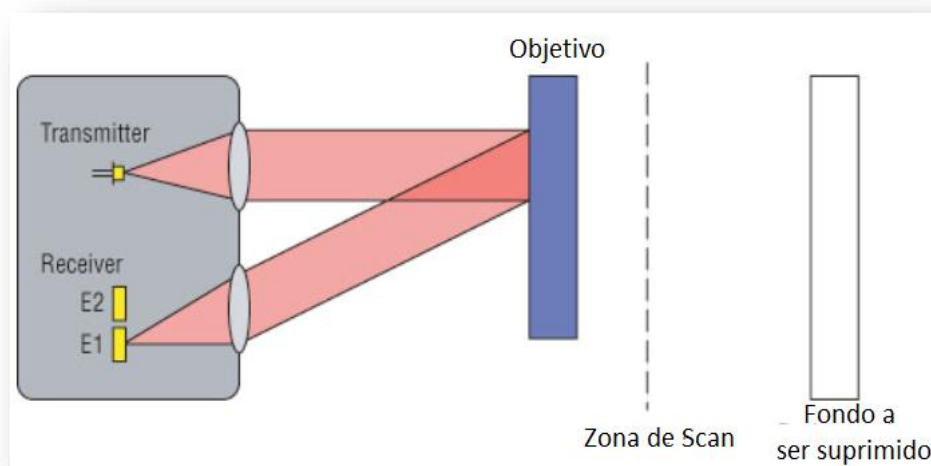
- Censa distancias de centímetros a metros
- Cableado simple y eje óptico ajustable
- Operación no afectada por color o ángulo.
- Al pasar la luz dos veces por el objeto lo hace ideal para objetos transparentes.



A.3 DETECCIÓN DIFUSA CON SUPRESIÓN DE FONDO

Este sensor tiene el mismo modo de detección el difuso pero con diferencia en la supresión de fondo de tal manera que detecta objetivos sólo hasta una cierta distancia "línea de corte", pero ignora los objetos más allá de la distancia. Este modo también minimiza la sensibilidad al color de un objetivo entre las variaciones del modo difundidos. Una ventaja principal de modo difuso con supresión de fondo es la capacidad de hacer caso omiso de un objeto de fondo que pueda ser identificada incorrectamente como un objetivo por un sensor difuso estándar.

Modo difuso con supresión de fondo puede operar a una distancia fija o a una distancia variable.



ANEXO B

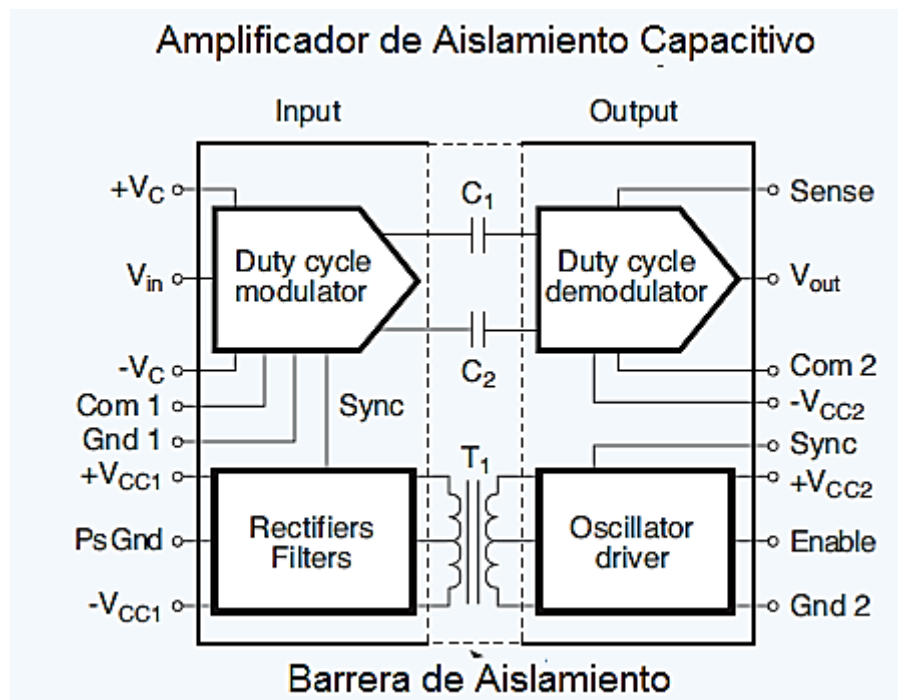
TECNOLOGÍAS DE AISLAMIENTO

TECNOLOGIAS DE AISLAMIENTO

B.1 AISLAMIENTO CAPACITIVO

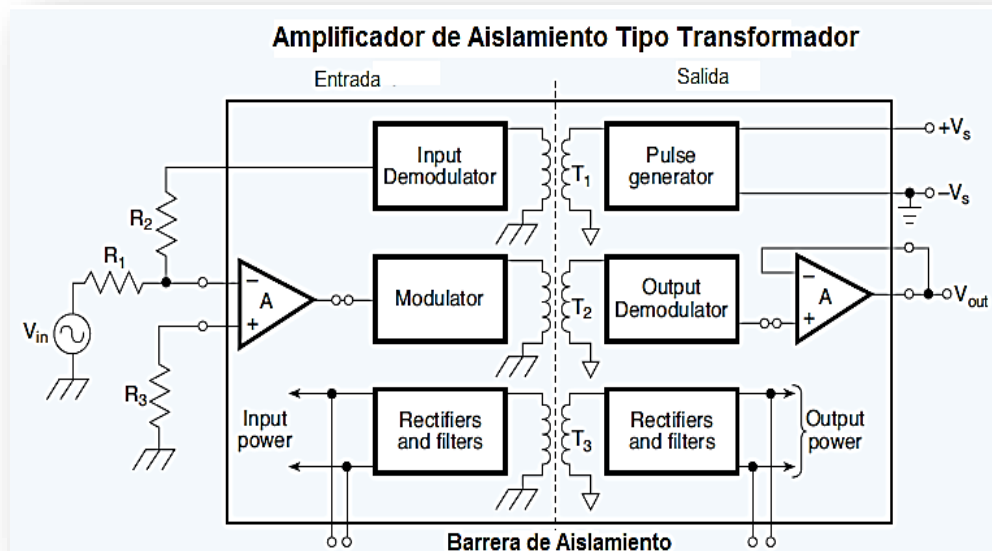
Un tipo de amplificador acoplado capacitivamente modula la señal de entrada y acopla esta a una barrera capacitiva con un valor determinado por el ciclo de trabajo. La sección de salida modula la señal, lo restaura al análogo equivalente de entrada original, y filtra el componente de onda, que resultó del proceso de demodulación.

Aunque el diagrama esquemático del amplificador de aislamiento parece bastante simple, puede contener hasta 250 o más integrados y transistores.



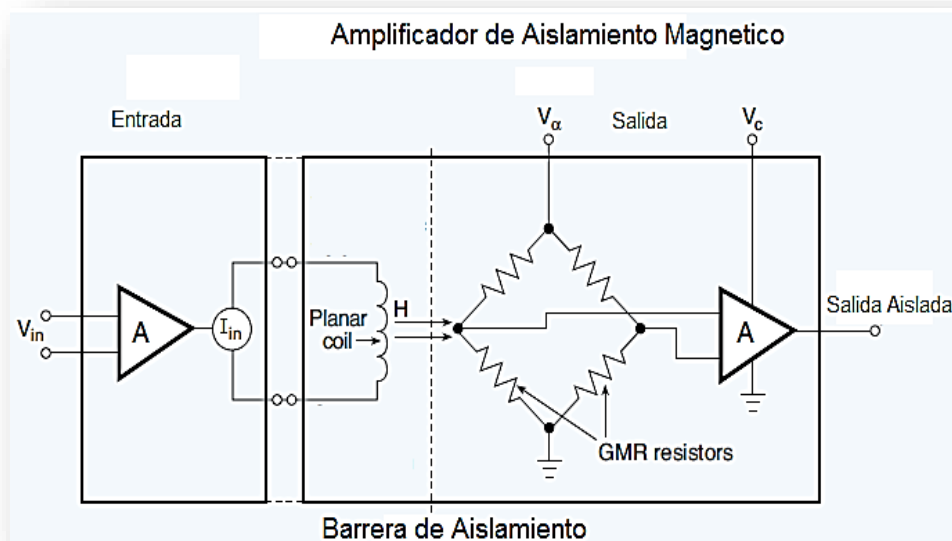
B.2 Aislamiento Magnético

Los amplificadores de aislamiento magnéticamente acoplados vienen en dos tipos. Una de ellas contiene los transformadores en la ruta de señal y fuente, y el otro contiene una bobina que transmite la señal a través de una barrera a un circuito puente con un magneto resistor gigante (GMR). El tipo transformador la salida rectificada de un generador de impulsos suministra energía a las etapas de entrada y salida. Otro devanado del transformador (T2) opera un modulador y demodulador que llevan la señal través de la barrera. Que provee de 1.000 a 3.500 voltios de aislamiento.



El segundo tipo, el amplificador magneto resistor gigante utiliza la misma tecnología básica como lo hacen las unidades de disco duro de alta velocidad. La bobina genera un campo magnético con una fuerza proporcional a su unidad de entrada de la señal actual y el GMR amplifica y luego se condiciona. Variaciones en el potencial de tierra de la entrada no lo hacen generar corriente para que no son detectadas por el magneto resistor. Como resultado, la señal de salida es igual a la señal de entrada con un completo aislamiento galvánico. Estas unidades son relativamente baratas, y pueden soportar de 1.000 a 3.500 VDC (voltios de corriente directa).

Los acopladores magnéticos transfieren señales a través de un campo magnético a un dieléctrico de película delgada. En este caso, un circuito puente con una magneto resistor sensible al campo magnético, que exhibe un gran cambio en su resistencia cuando se expone al campo magnético de una pequeña bobina encima de ella.



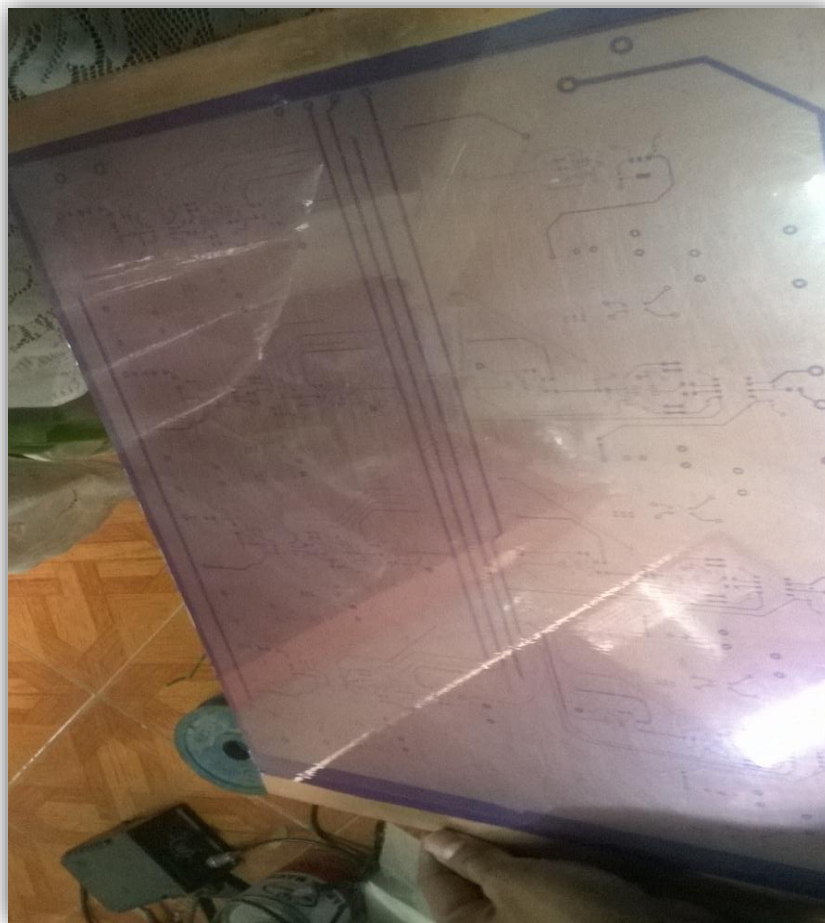
ANEXO C

CONSTRUCCIÓN DE PARTES ELECTRÓNICAS

CONSTRUCCION DE PARTES ELECTRONICAS

C.1 PLACAS ELECTRÓNICAS FOTOS EXTRAS DE LA CONSTRUCCIÓN Y ACABADO

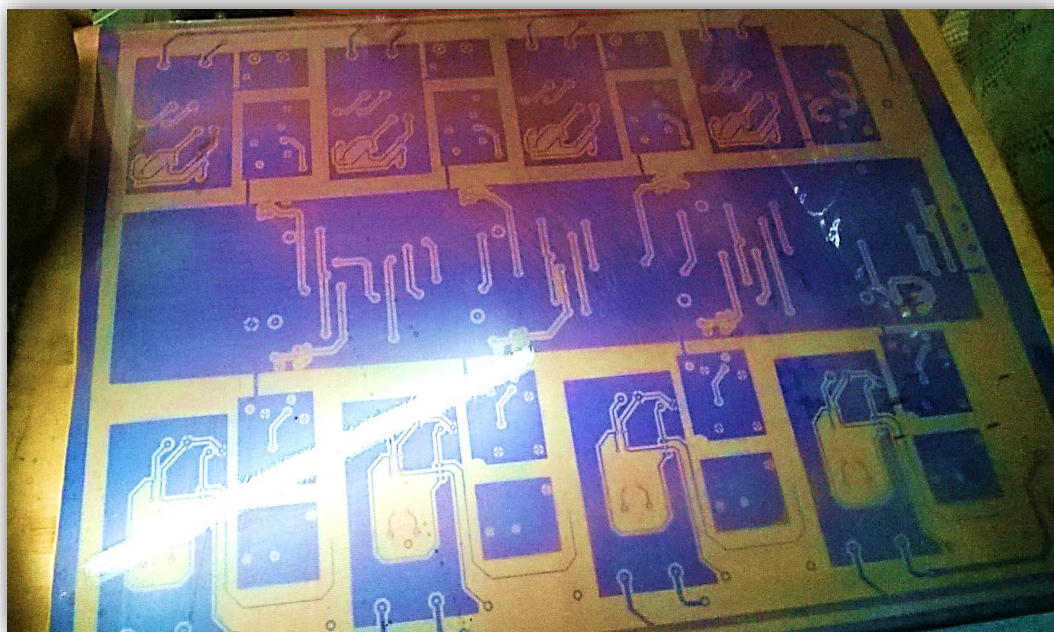
En el capítulo de construcción se mostró las partes principales y el resultado final, pero ya en esta parte se muestra más al detalle los pasos que tuvieron que ser realizados para obtener el acabado de la placa de adquisición y las demás mostradas en el correspondiente capítulo.

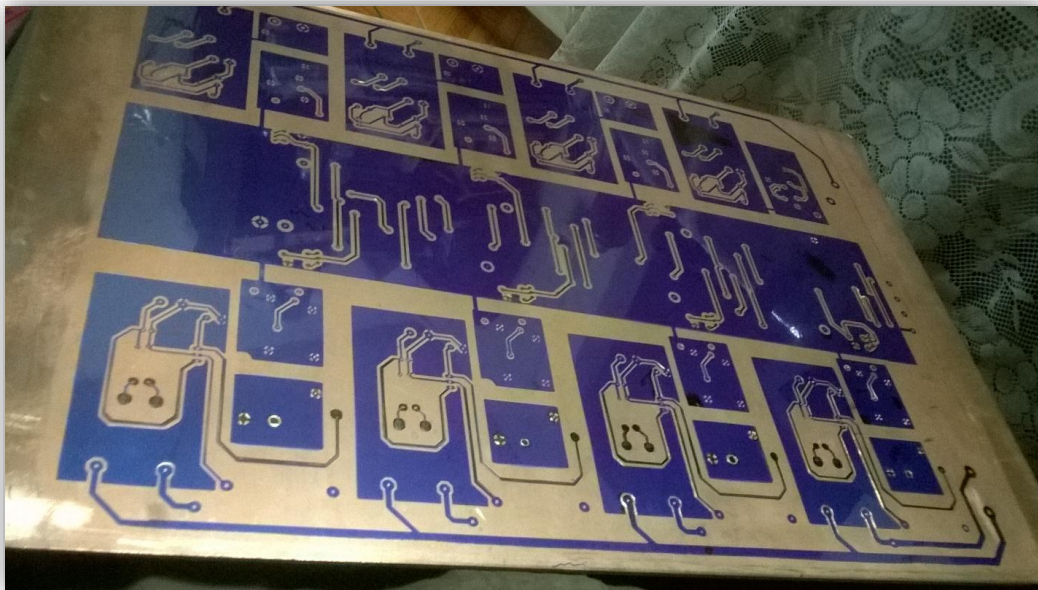


En esta apreciamos la parte frontal de una de las caras en donde se soldaran los componentes smd, las rutas conectan las caras y las tierras de cada bloque.

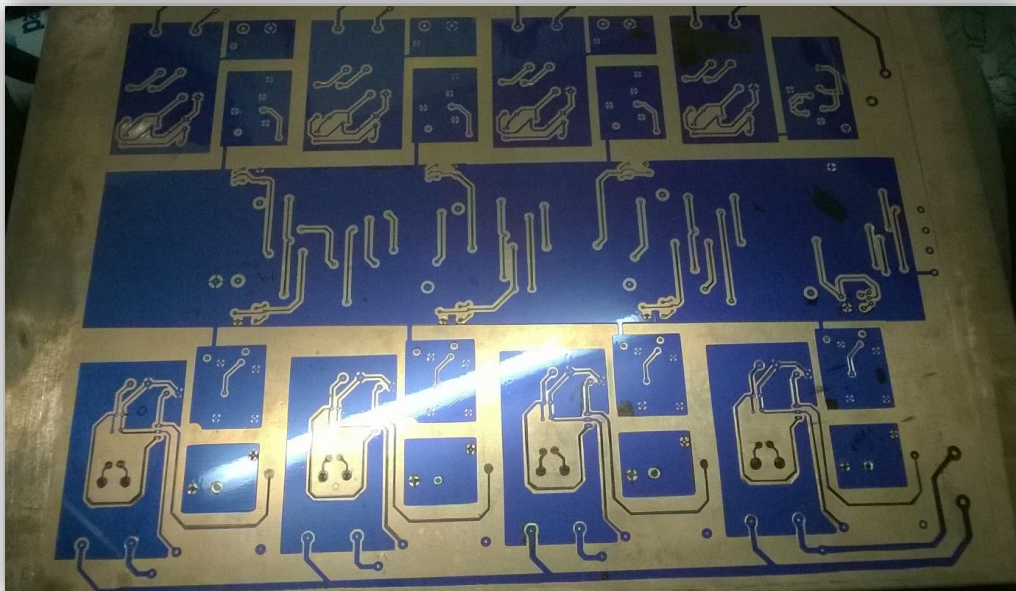


Estas son diferentes vistas de la placa donde se puede apreciar que para sensibilizar la placa se pega un plástico similar a un vinifan sobre toda la placa o el área a realizar el circuito y luego se presiona para no dejar ninguna burbuja de aire y que todo el material se dañe y tener que realizar todo el proceso nuevamente.



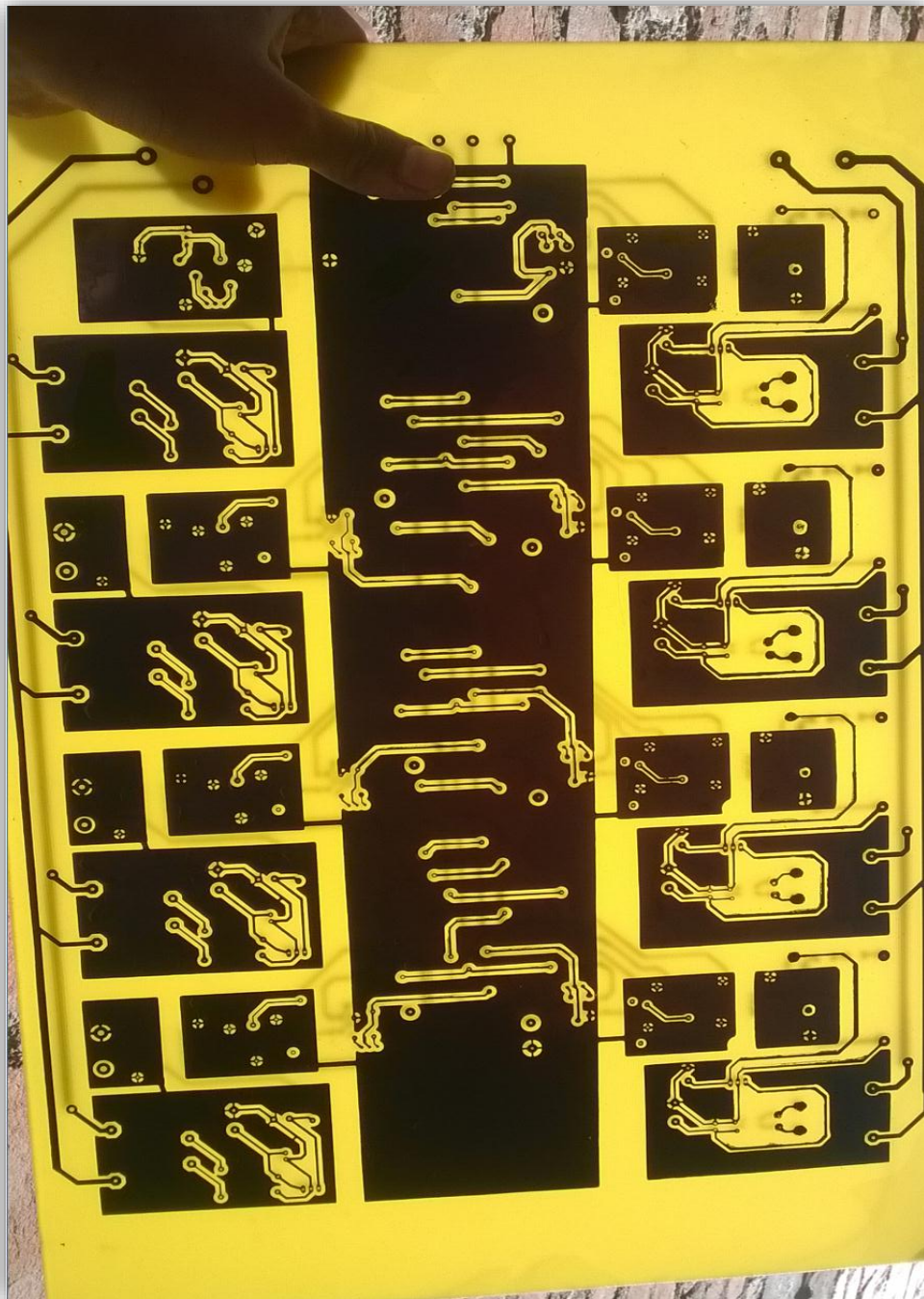


En estas se puede apreciar mejor la separación de tierras en toda la placa y unos trazos que recorren a lo largo de la placa estos son los que llevan la señal de 220 voltios ac de la línea a cada bloque y estos la filtran para generar 5 voltios dc para las partes de corriente y voltaje y así se crea puntos de referencias aislados de cada uno sin que los ruidos interfieran.

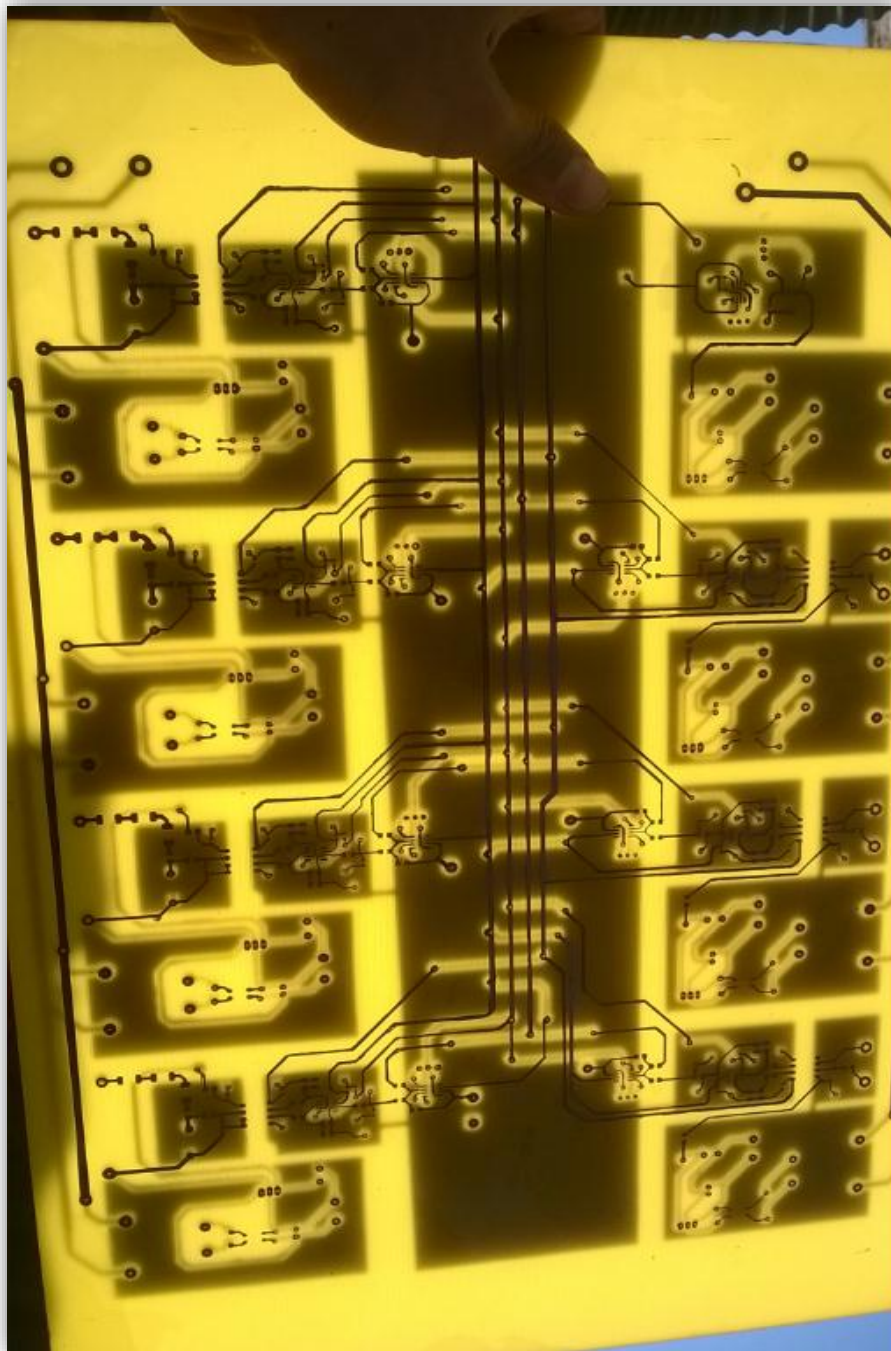




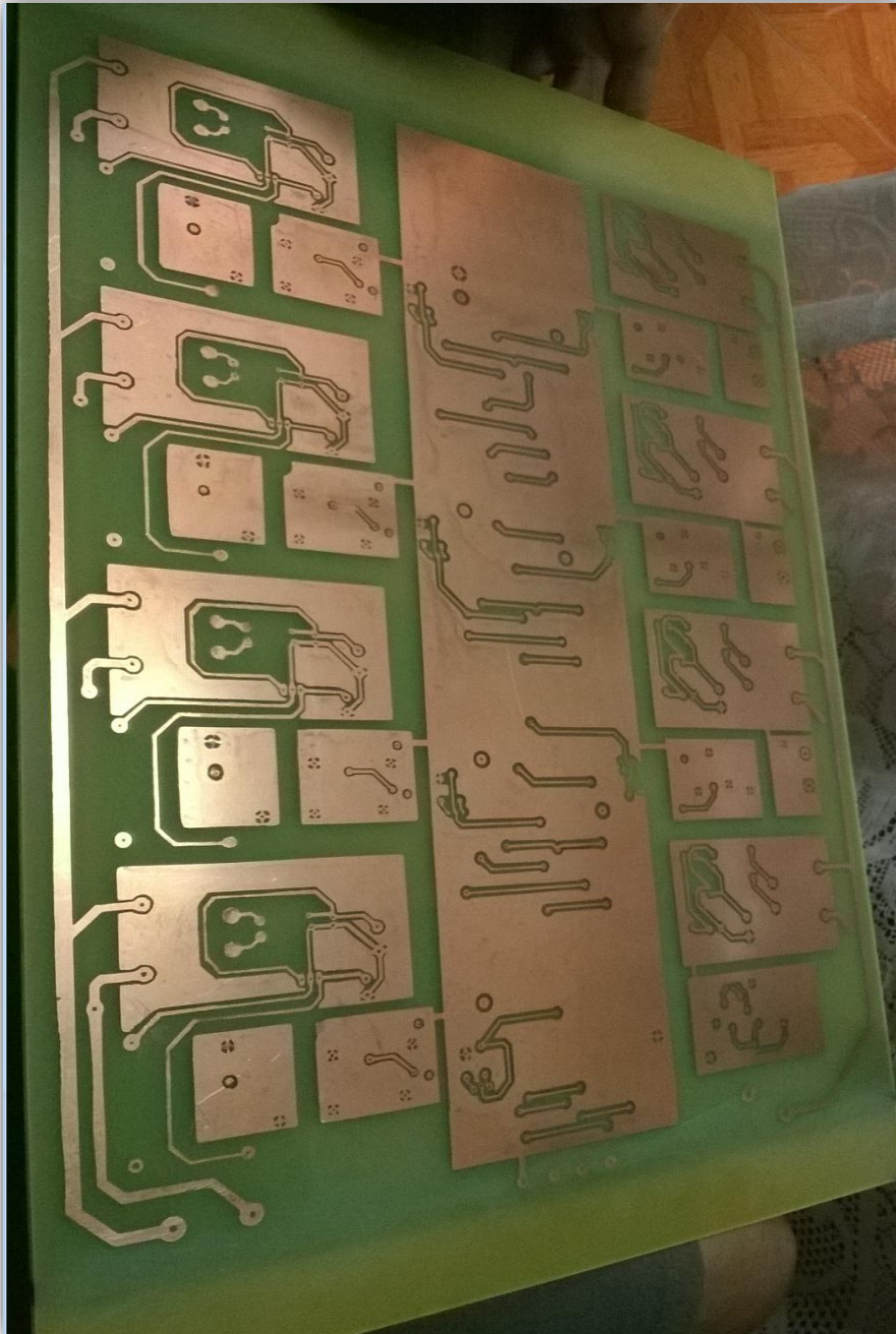
Esta se muestra la placa ya después de ser atacada por el ácido férrico, esta fue vigilada durante ese proceso para que no se llevara todo el diseño también de ambos lados ya que esta placa es distinta en comparación a las tradicionales ya que esta es de 2 onzas de espesor, las normales son de $\frac{1}{4}$.



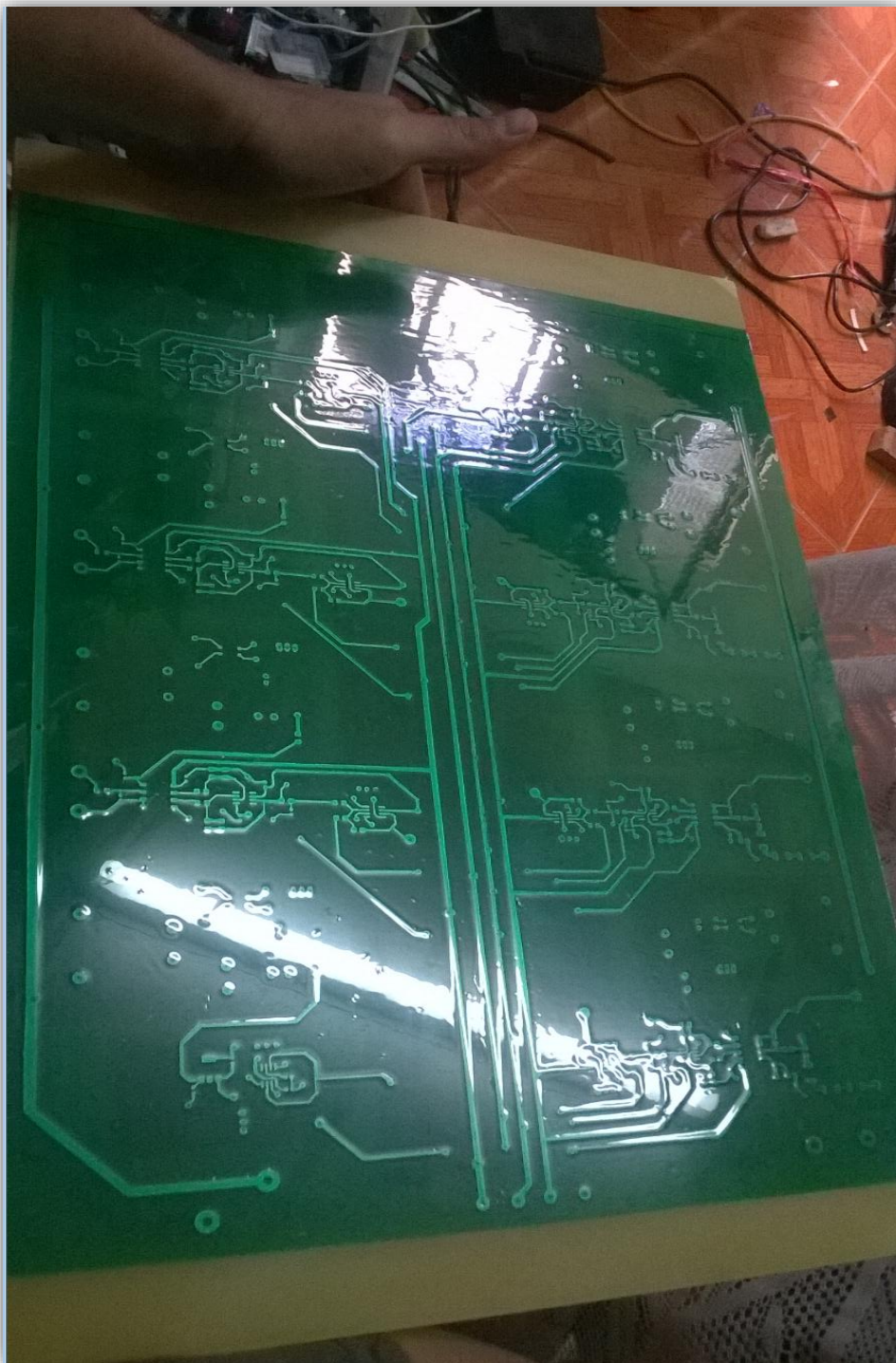
Esta es una imagen a tras luz de la placa en donde se aprecia mejor todos sus trazos y la manera en la que están separadas las referencias una de otra y como estas se juntan en una sola tierra que es el trazo ancho del medio y son conectados entre cara y cara mediante jumpers.



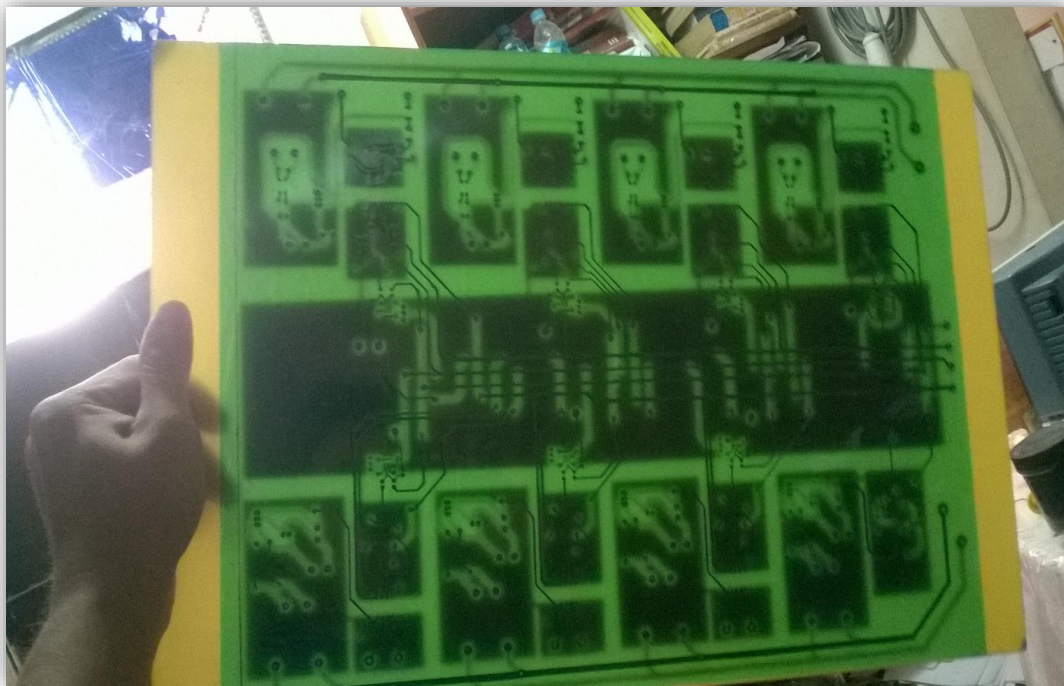
Esta es otra de la parte frontal la anterior fue la trasera, en esta se soldara los circuitos de separación de tierras y se nota como están alineados y coinciden para que puedan ser conectados entre caras.



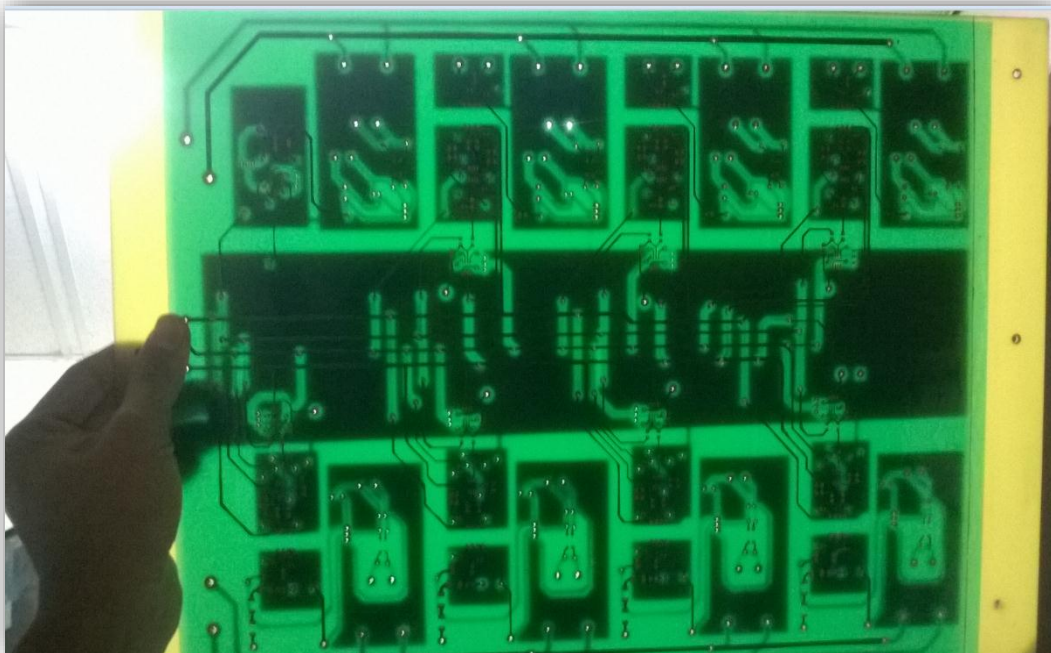
Esta imagen se muestra ya el cobre expuesto para quitar la parte azul se tuvo que sumergir la placa entera en un nuevo químico más fuerte que removió esa parte y luego los restos fueron retirados con agua caliente durante 15 minutos.



Ya después de haber terminado de formar los trazos de cobre para que estos no se oxiden y sean más duraderos se aplicó una máscara verde de protección a ambos lados con la cual se tuvo mucha precaución para que no quedara arrugas en esta.



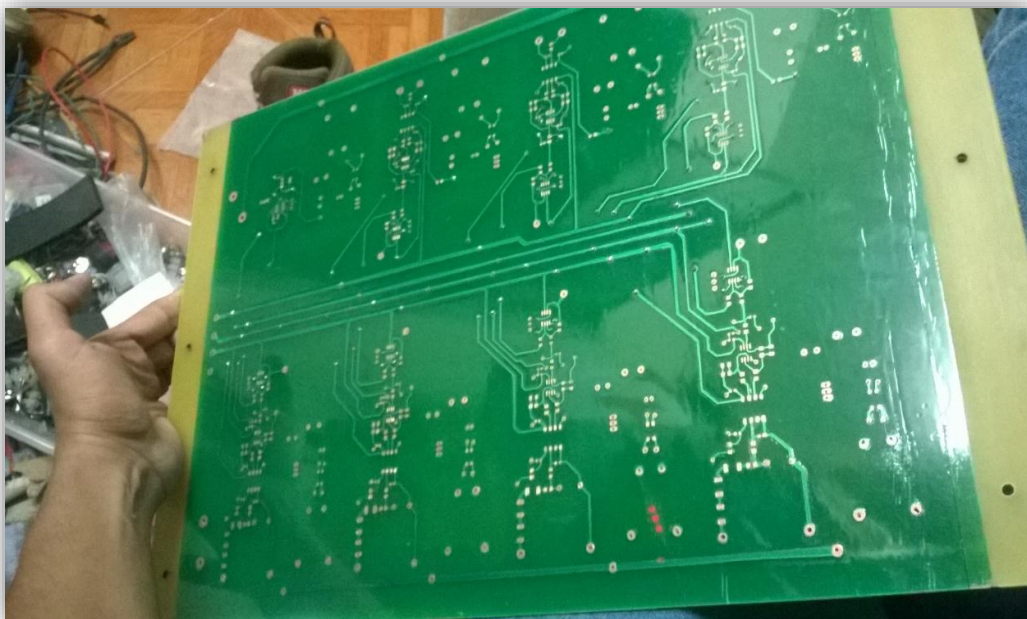
En estas imágenes se observa algo distinto, ya que la superior aún no está revelado con el siguiente químico ya que aún no tiene las perforaciones para conectar las caras mientras que la inferior ya ha sido revelada y se han extraído los pads para realizar las conexiones.

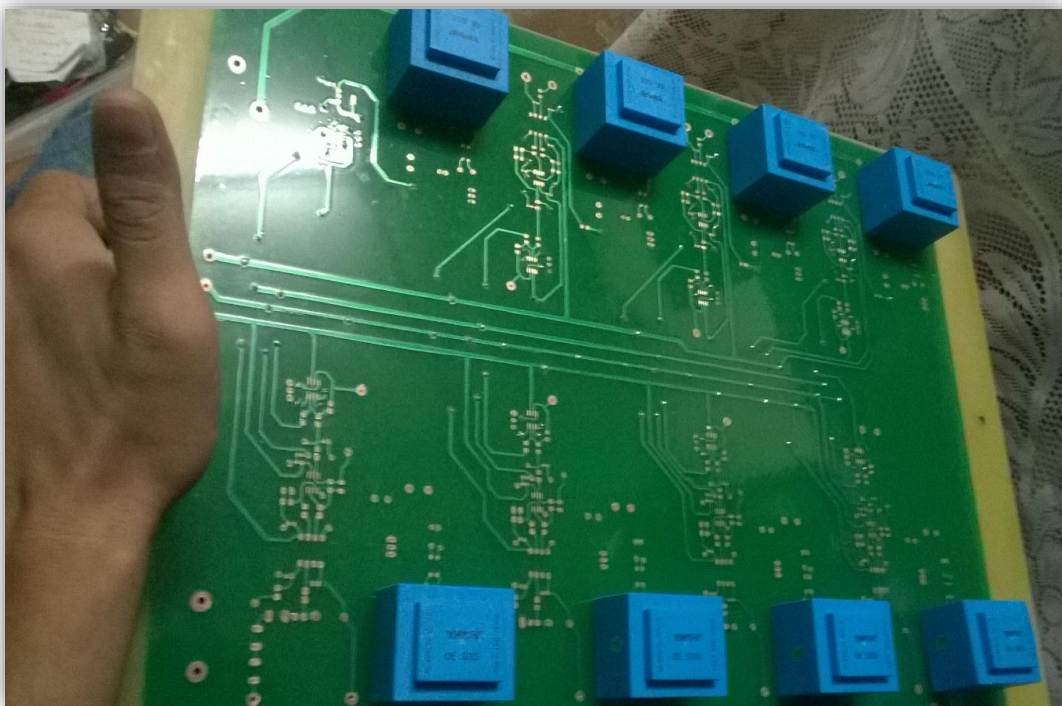




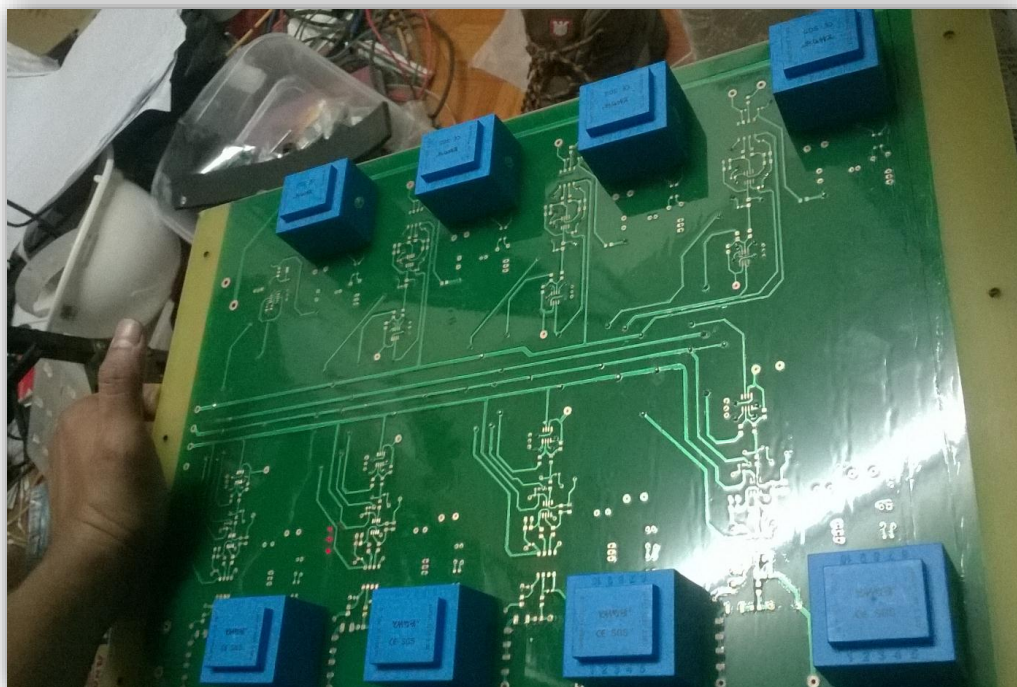
En estas imágenes se aprecia mejor el resultado de la extracción de los pads y los puntos donde se irán a soldar los componentes para ambas caras la superior e inferior.

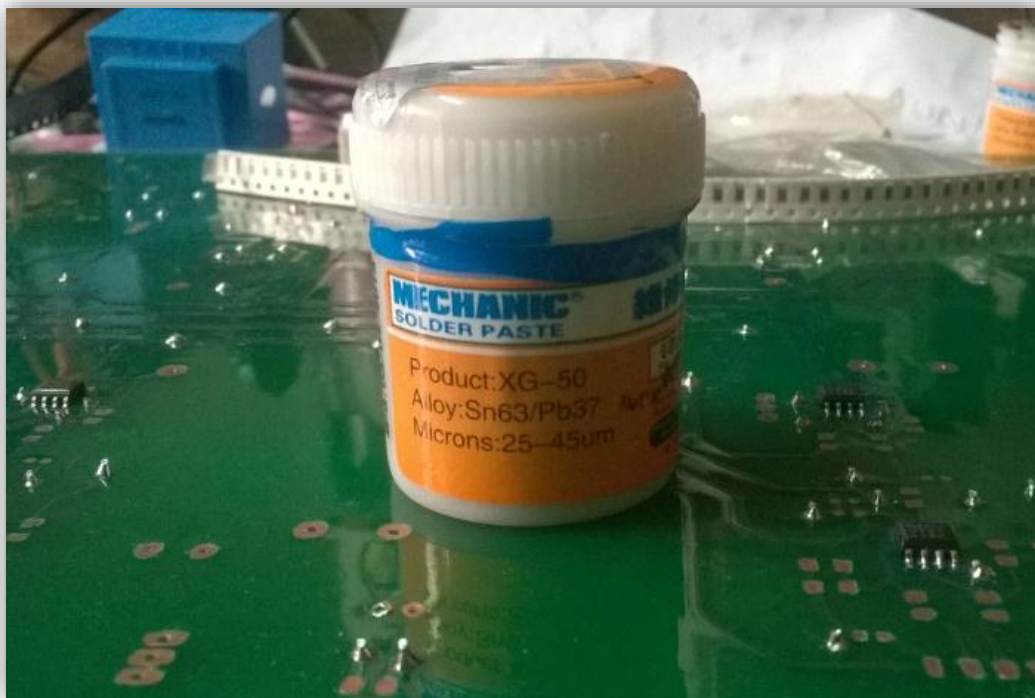
En la imagen superior se utilizaron dos capas ya que no se encontró una del tamaño correcto para cubrir toda la placa de la máscara verde.



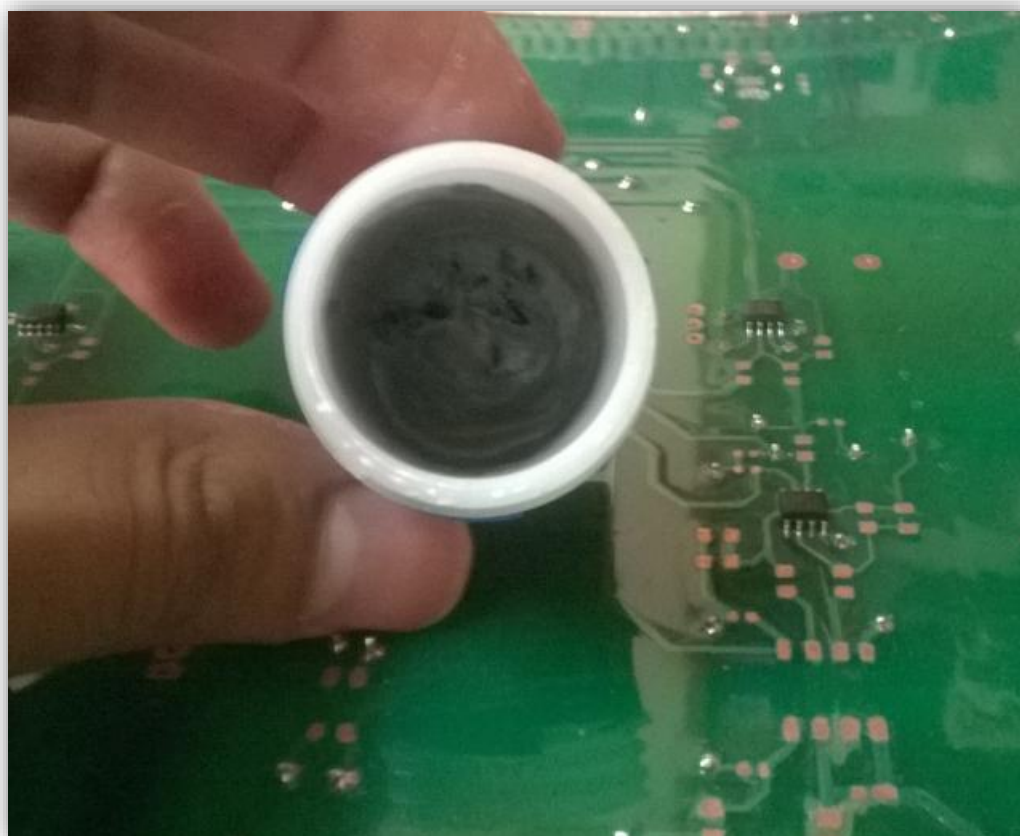


En estas se está probando como irán a quedar los transformadores aislados una vez soldados a la placa, también que de paso se verifica que el empaquetado elegido para los transformadores fue el correcto ya que todos coincidieron con los agujeros de la placa, los de la parte izquierda son voltaje y los de la parte derecha son para la corriente.





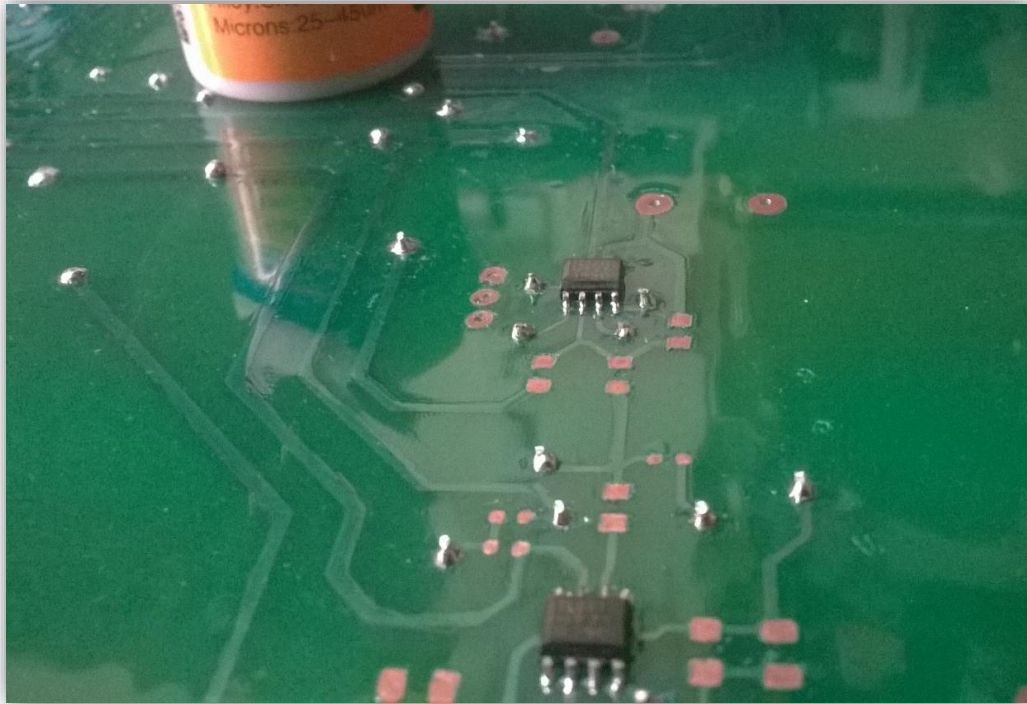
En esta se muestra el tipo de soldadura que se utilizó para que los componentes smd estén bien sujetos a la placa y que tampoco queden unidos entre pines (para esto se utilizó un componente distinto).



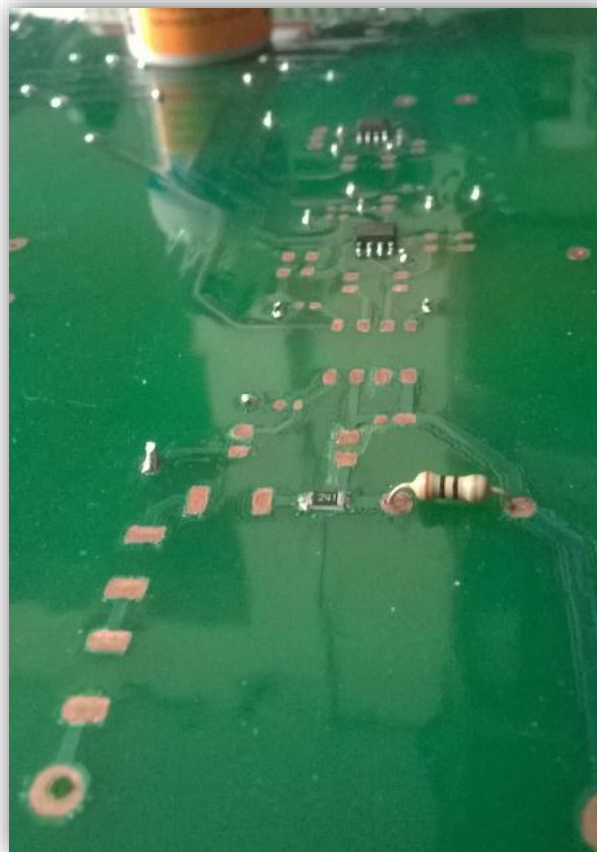


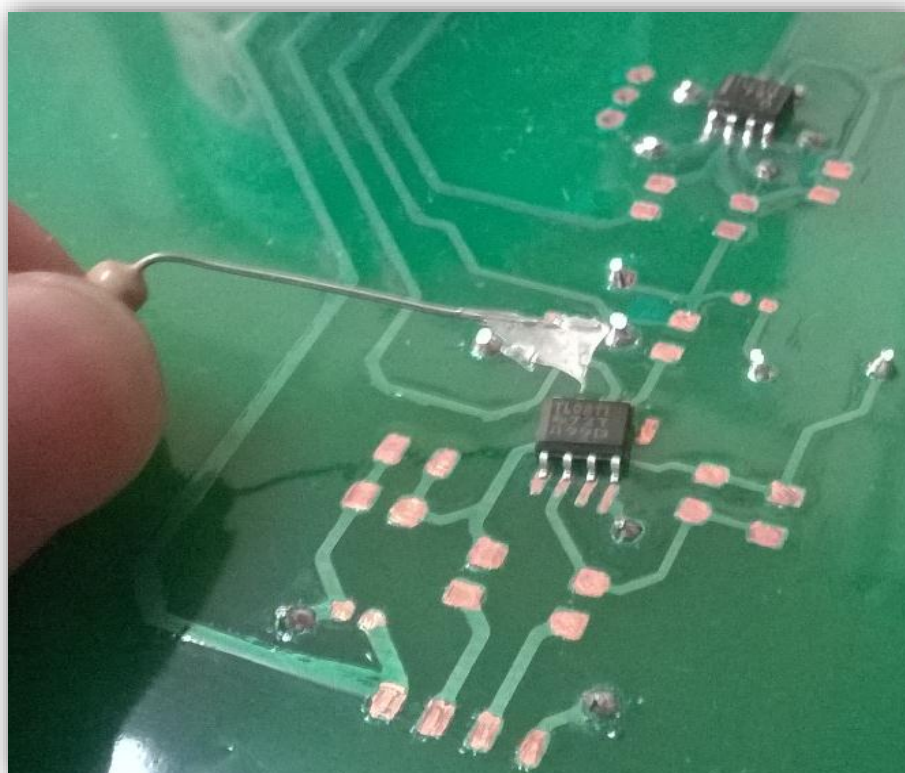
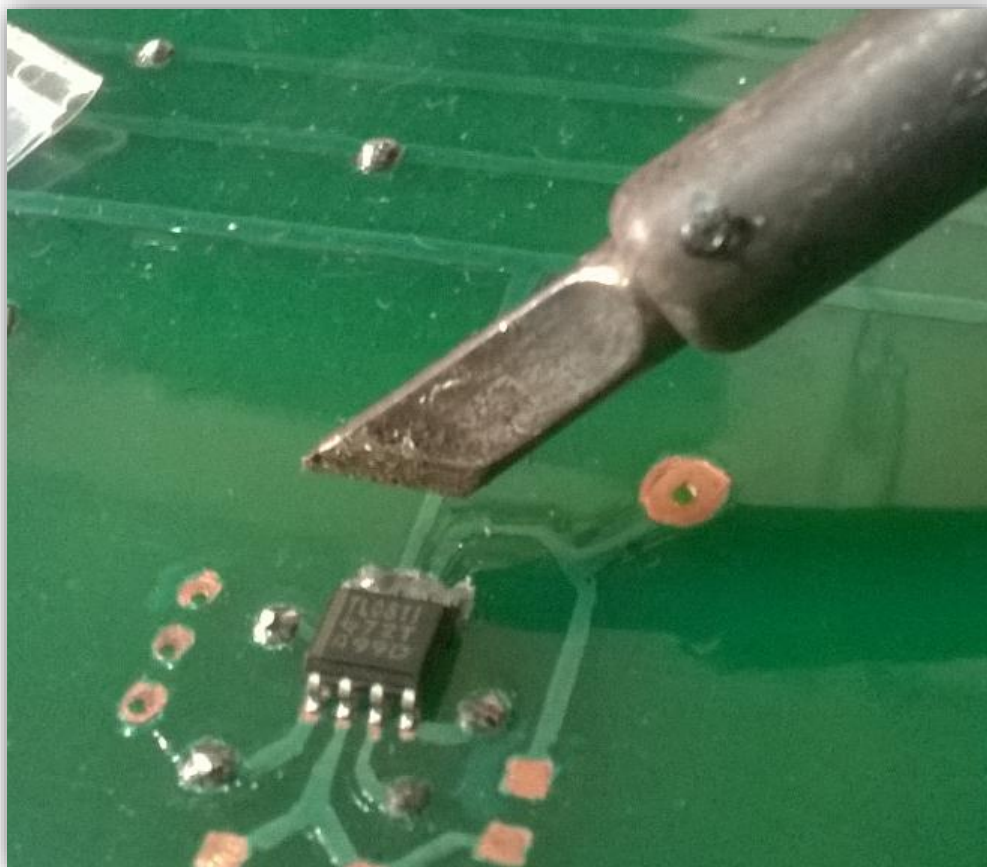
Este es el componente que separa la soldadura de los pines cuando se crean uniones al momento de soldar ya que los pines son pequeños y le otorga un brillo a esta.





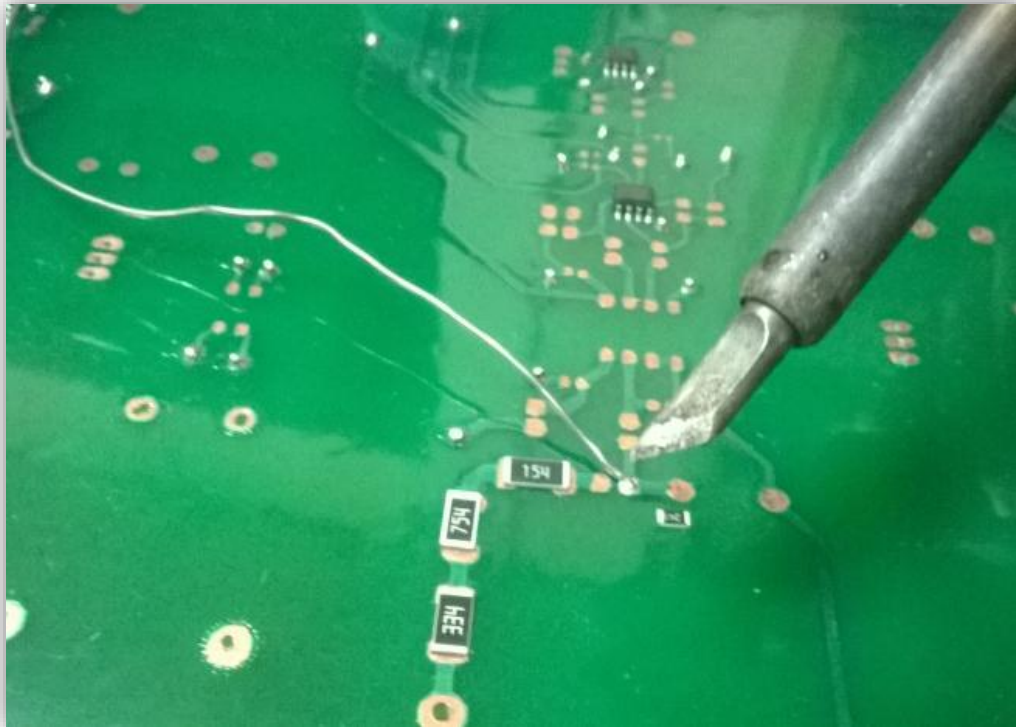
Estos son los componentes siendo ubicados y algunos ya soldados, en conjunto con los jumpers de las caras.







Los componentes ya soldados y se puede notar que la punta del cautil es una especial para soldar componentes smd ya que tiene un lado aplanado para poder pasar por todos los pines de un integrado de una sola vez.



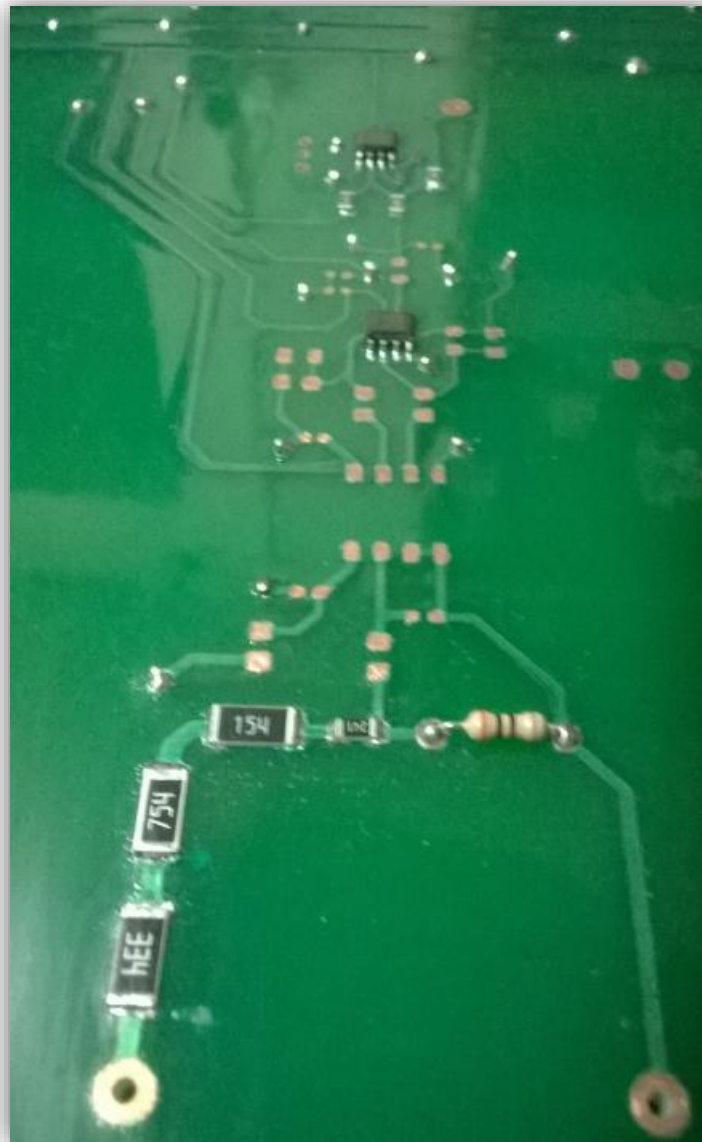
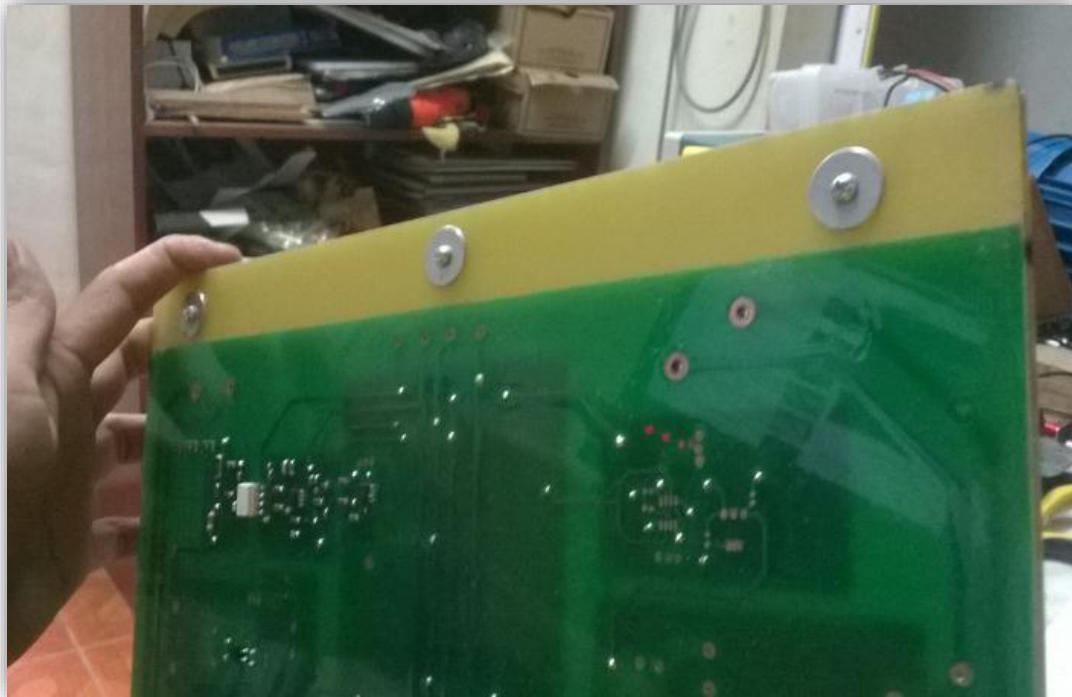


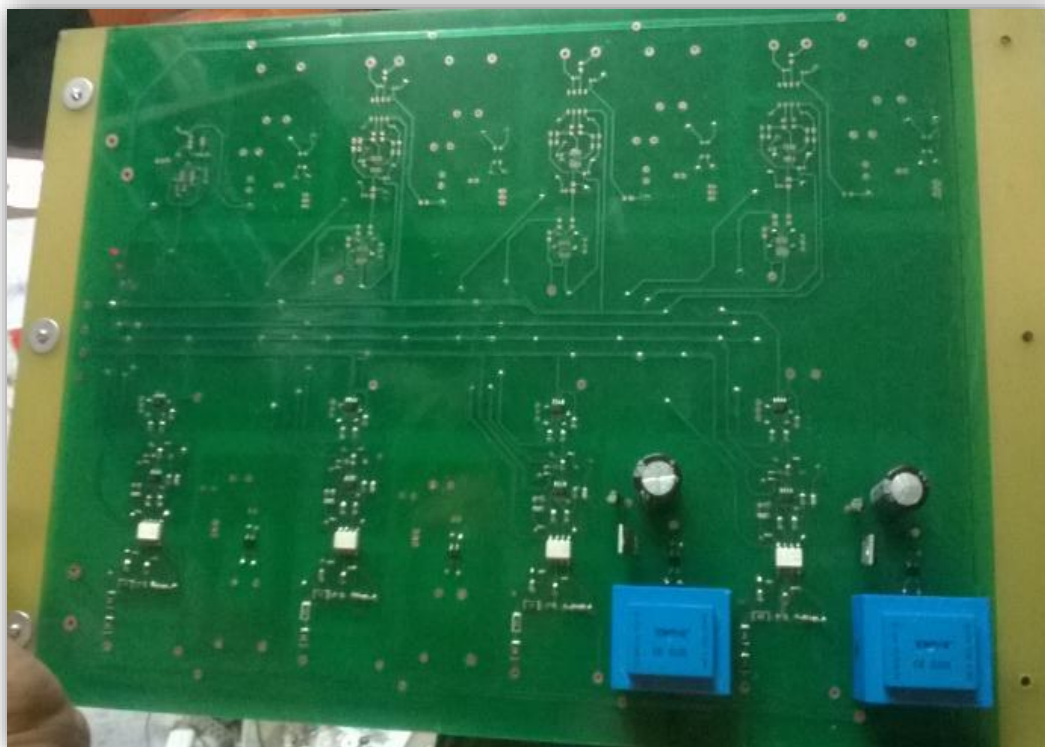
FIGURA 3.110 Vista superior motores acoplado

Esta parte corresponde a la medición de voltaje se tuvo que improvisar con una resistencia que no hera smd ya que no se encontró una al alcance en ese momento y tampoco se tenía mucho tiempo como para esperar que unas llegaran desde china que son como unos 2 meses, pero funciona sin ningún problema con el correcto filtrado ya que resistencias de ese tamaño recogen mucho ruido que afecta a la señal tan pequeña por eso que de preferencia se recomienda usar smd.



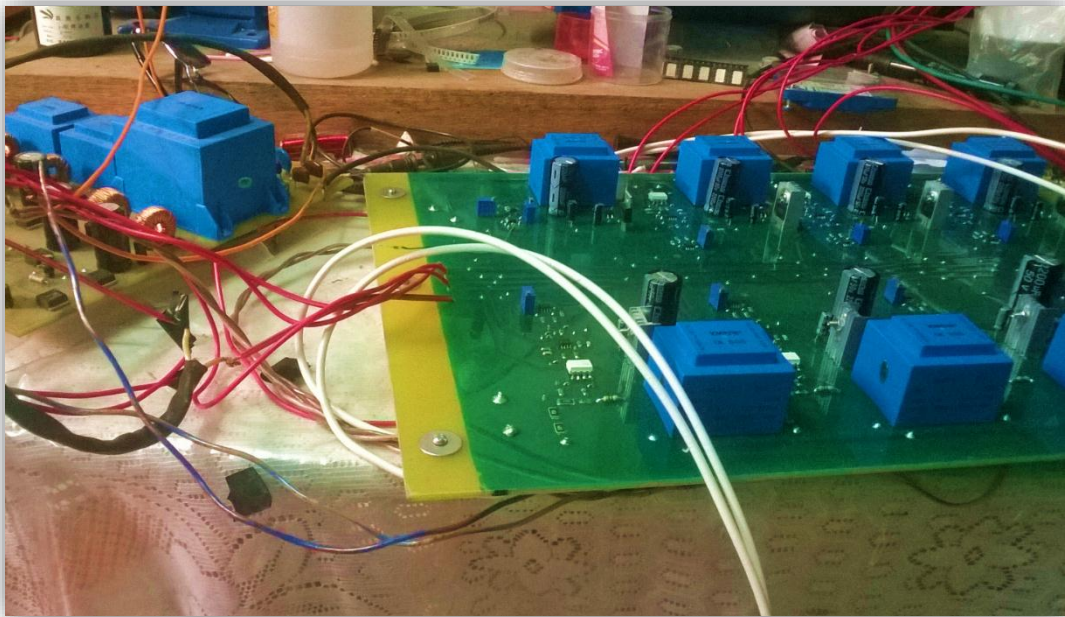
En esta ya se estaban realizando las perforaciones con un taladro de mano para que se colocaran los pernos que ayudarían a la placa la sujeción y la estabilización de esta en el cajón de metal, se tuvieron que elegir unos largos para dar espacio a que se pueda pasar os cables por debajo de esta.



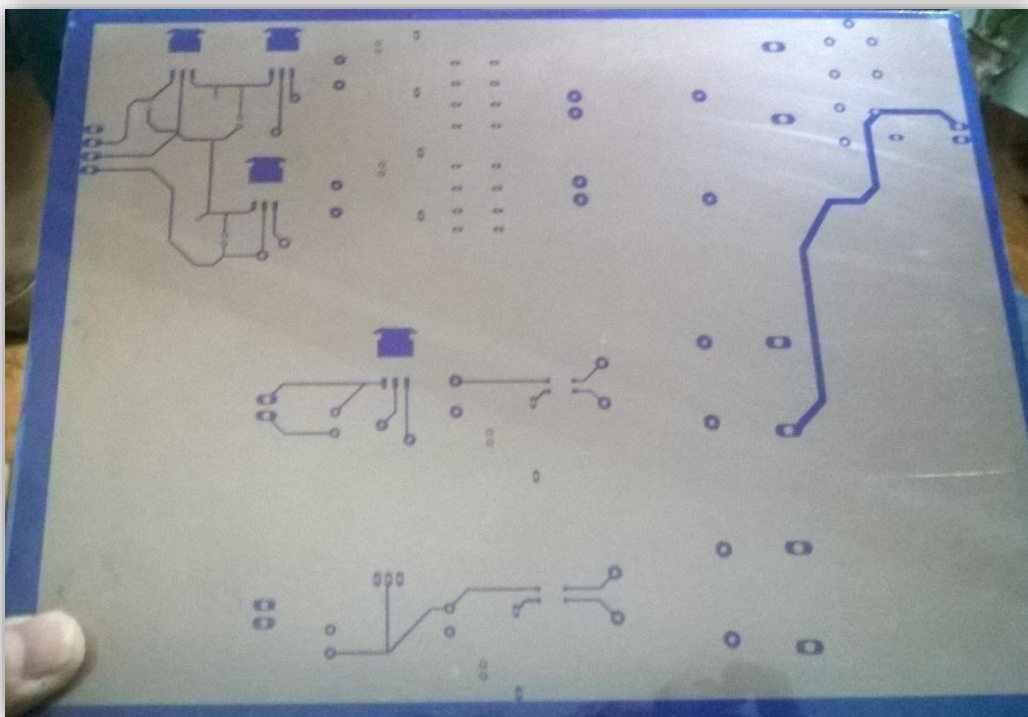


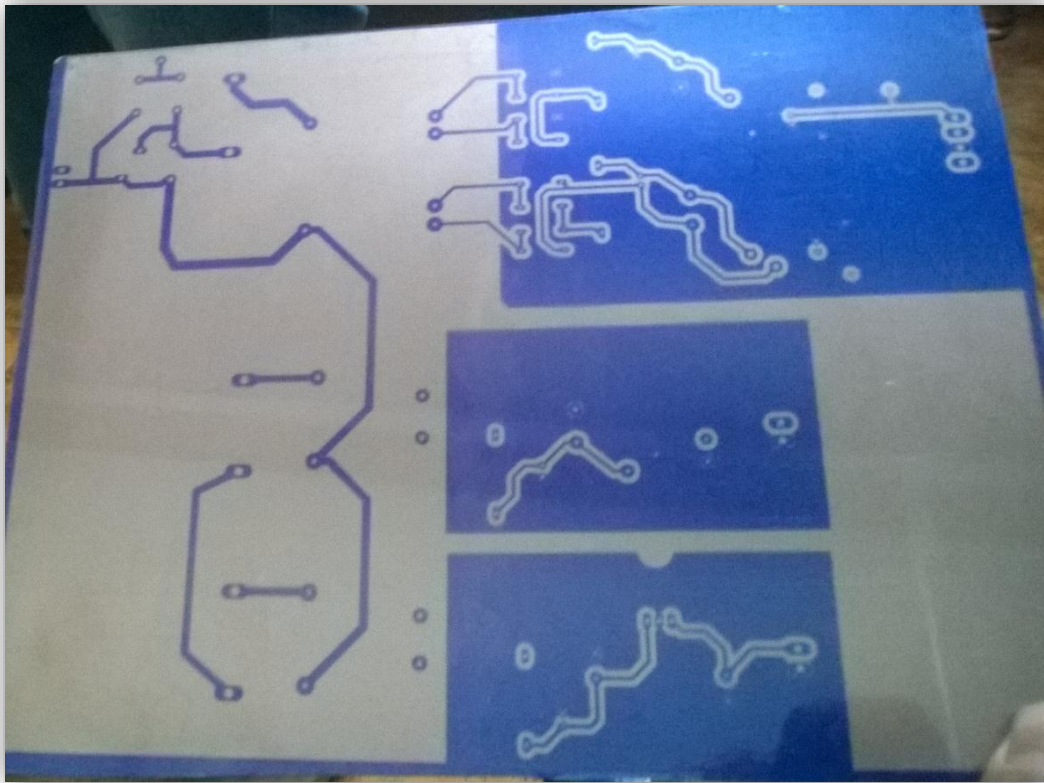
En esta se observa los transformadores ya soldados a la placa con sus respectivos condensadores para que realicen el filtrado de cada área y así tener una independencia en tierras.



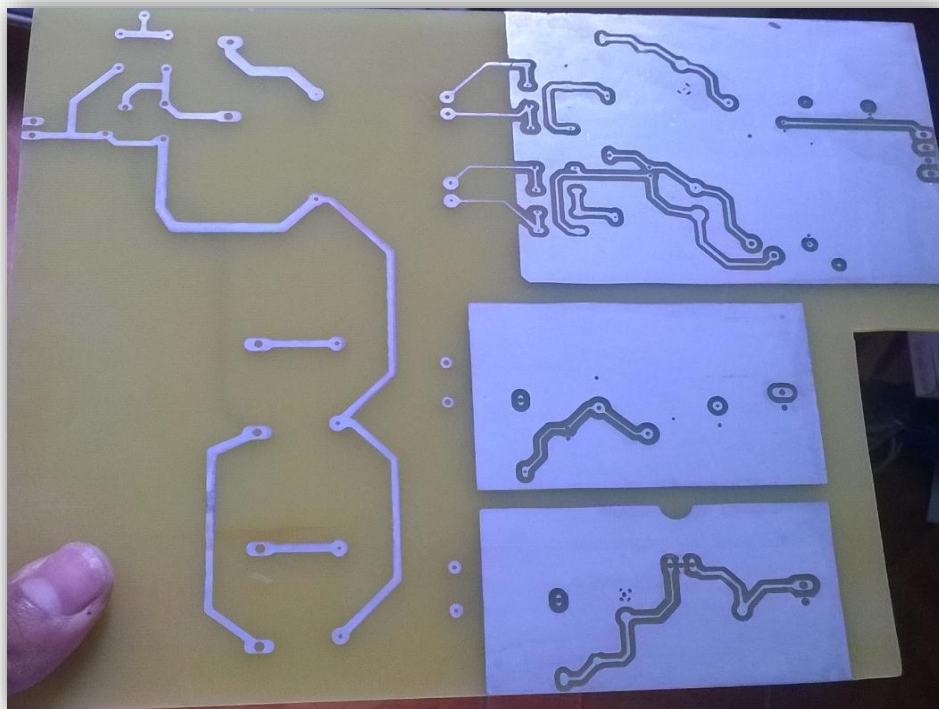


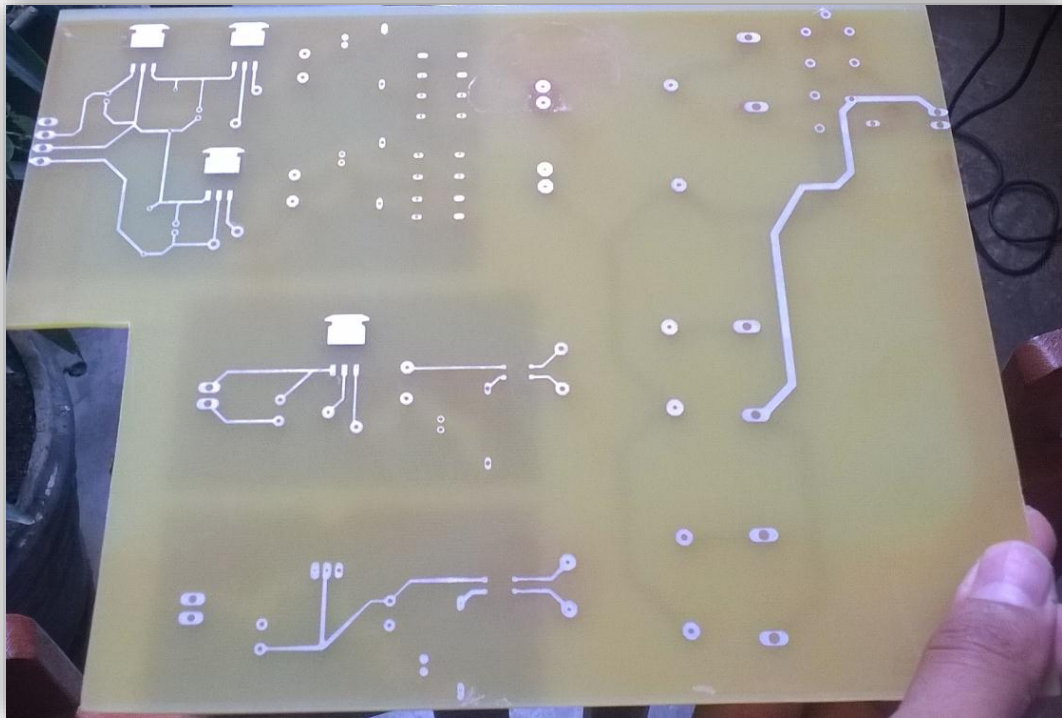
Después de haber terminado con la placa principal se empezó con las fuentes de voltaje para los demás módulos y la misma placa principal, por lo que la figura inferior muestra el proceso inicial de la construcción de la fuente.



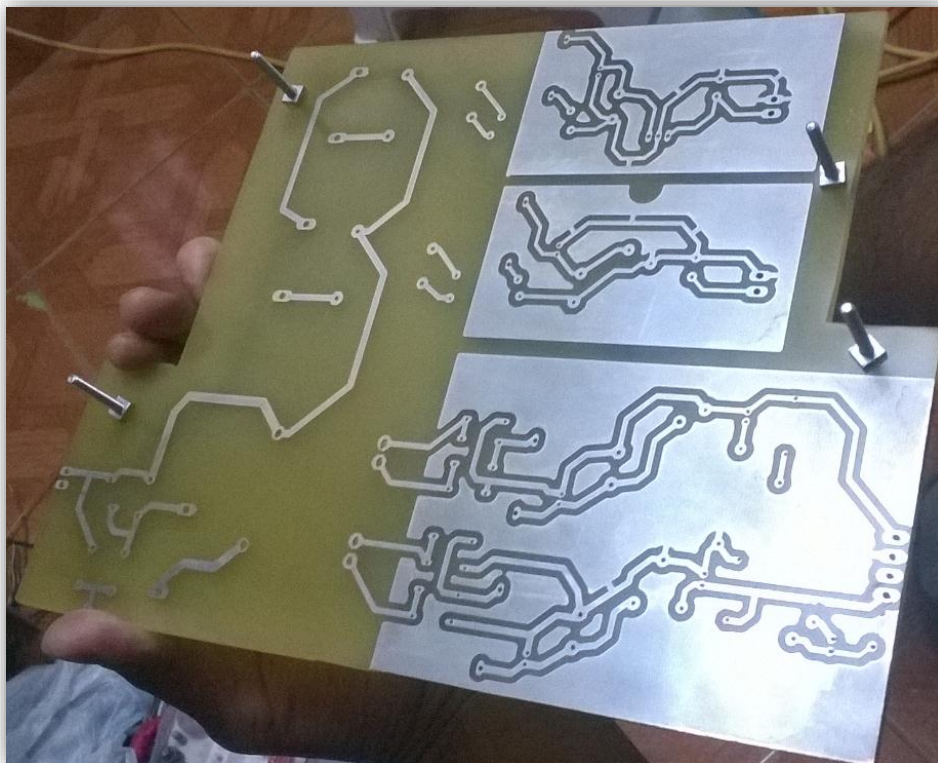


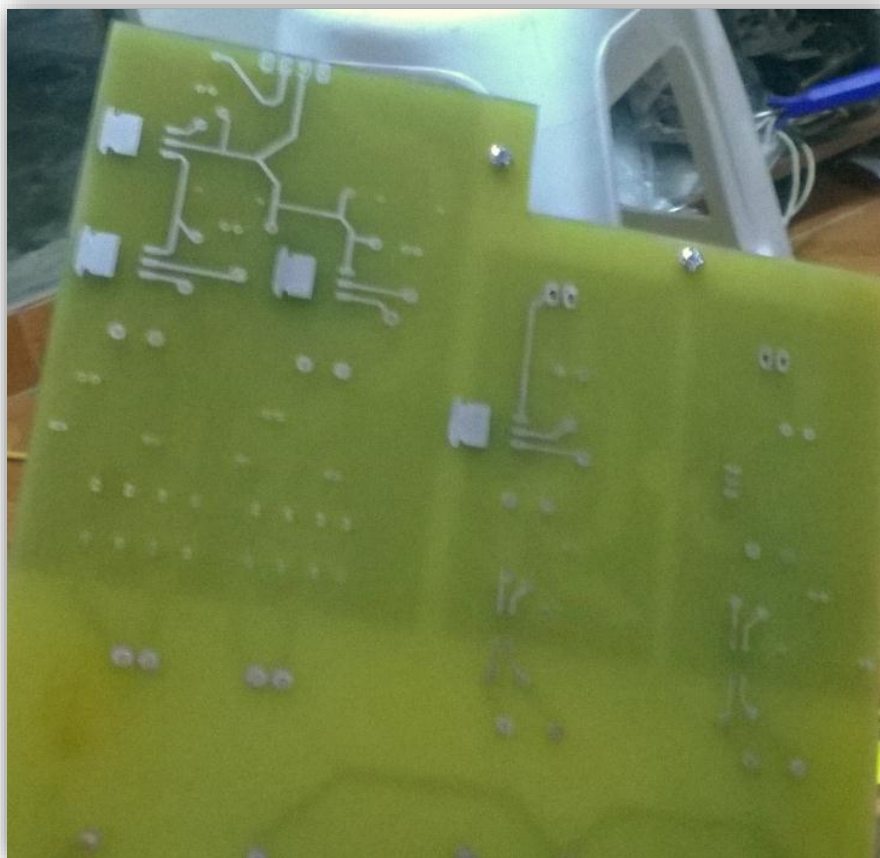
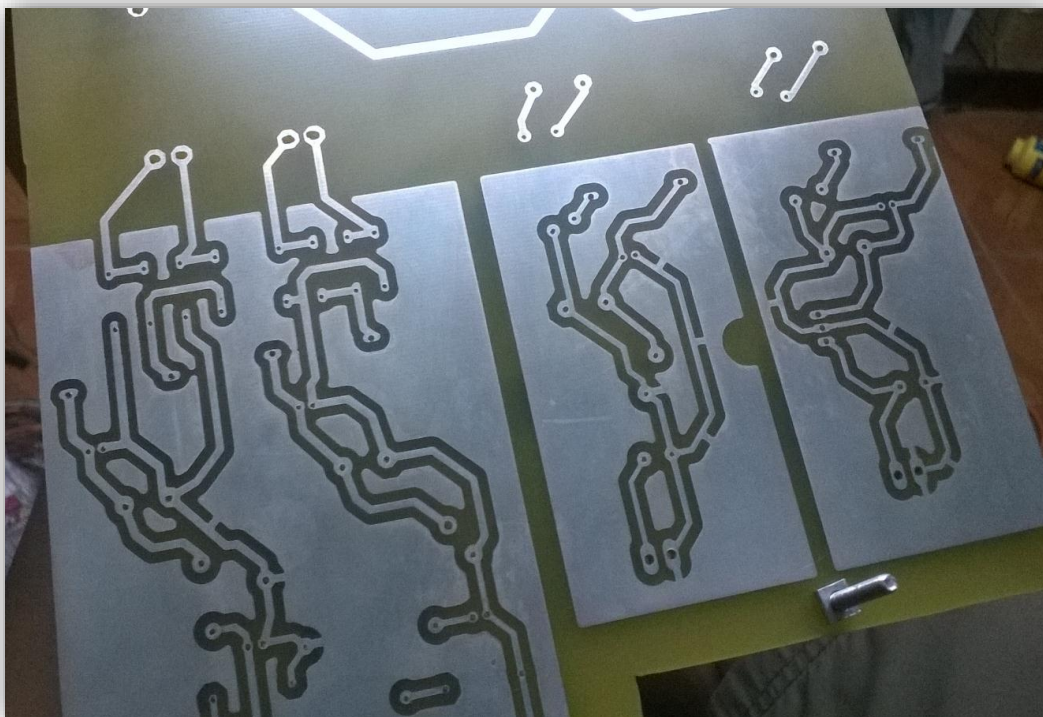
Como ya se mostró el mismo procedimiento anterior solo se mostrara ya el producto final y sus acabados.





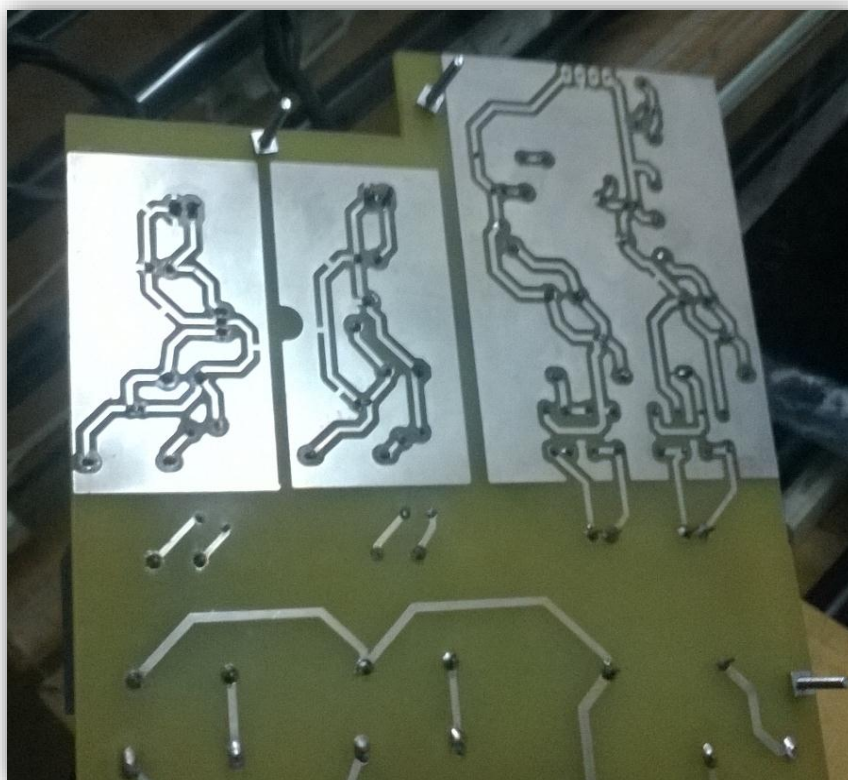
Este acabado de la fuente es distinto a las demás placas está recubierta con un químico con componentes de plata que la protegen y mejora su disipación de corriente.

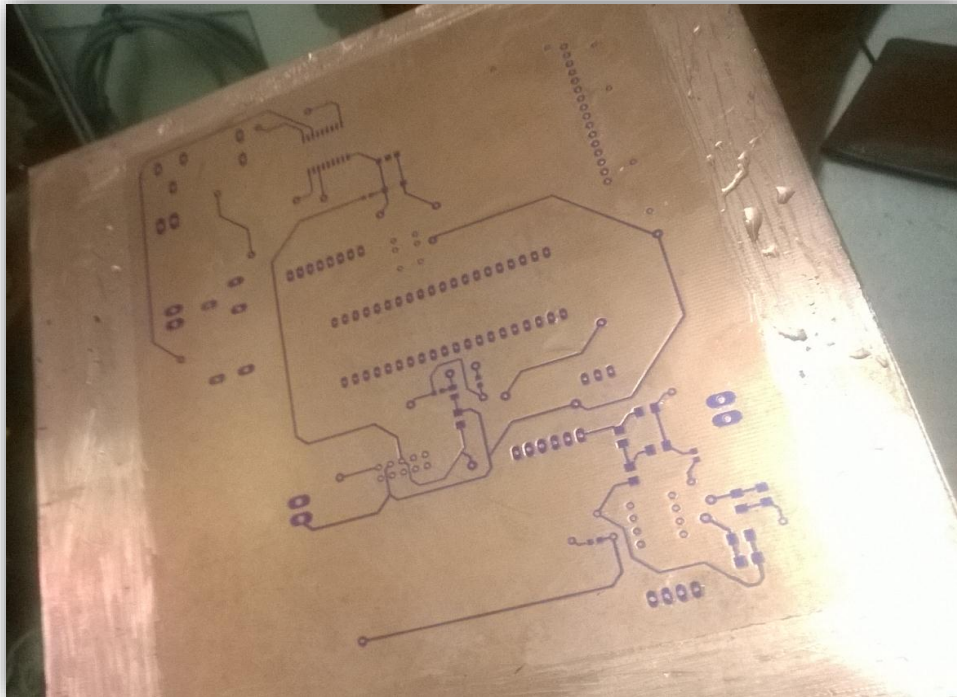




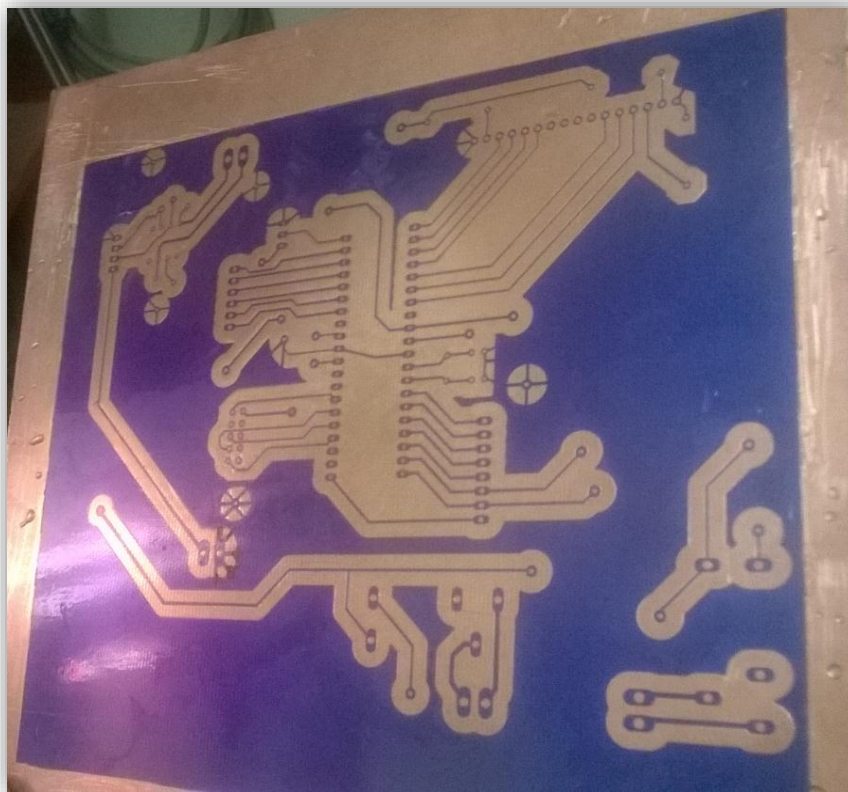


En esta se aprecia la parte trasera ya soldada y pulida, se le agrego una capa extra de protector transparente para prevenir la oxidación.

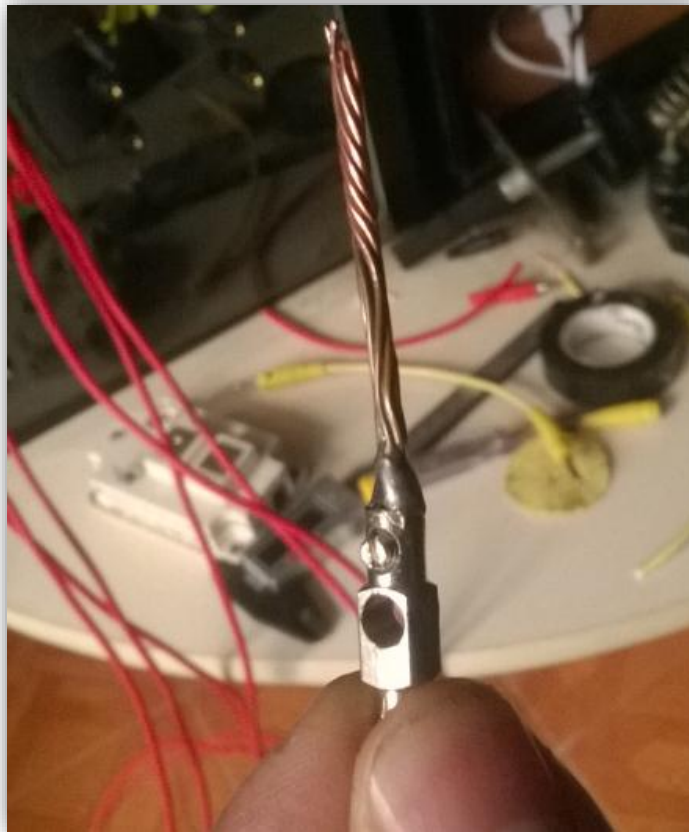




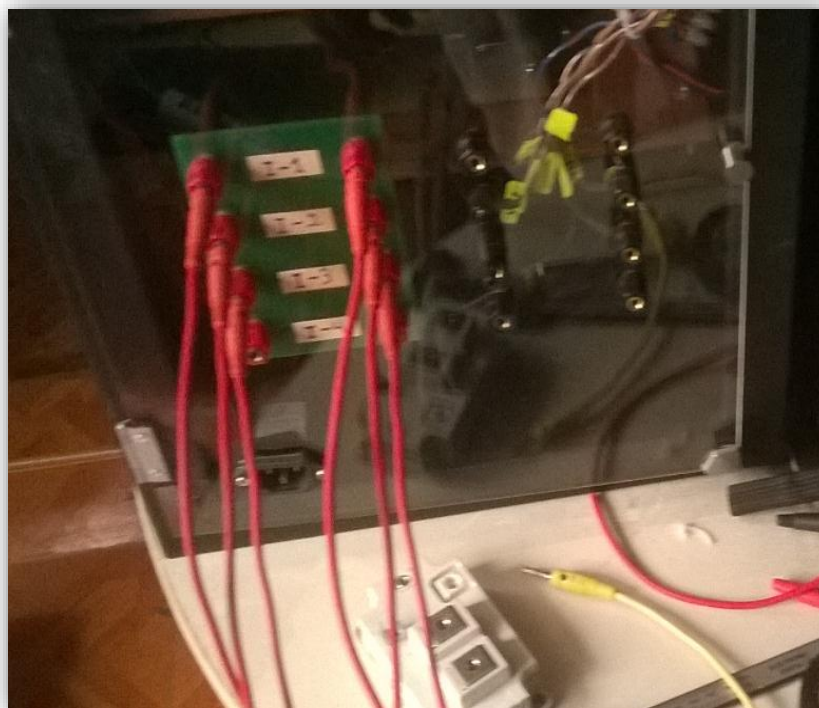
Esta placa es la parte de control PWM para el motor DC contiene un microcontrolador ATMEL de 8 bits y salida a LCD que es la que muestra el valor del ciclo de trabajo del PWM en porcentaje.

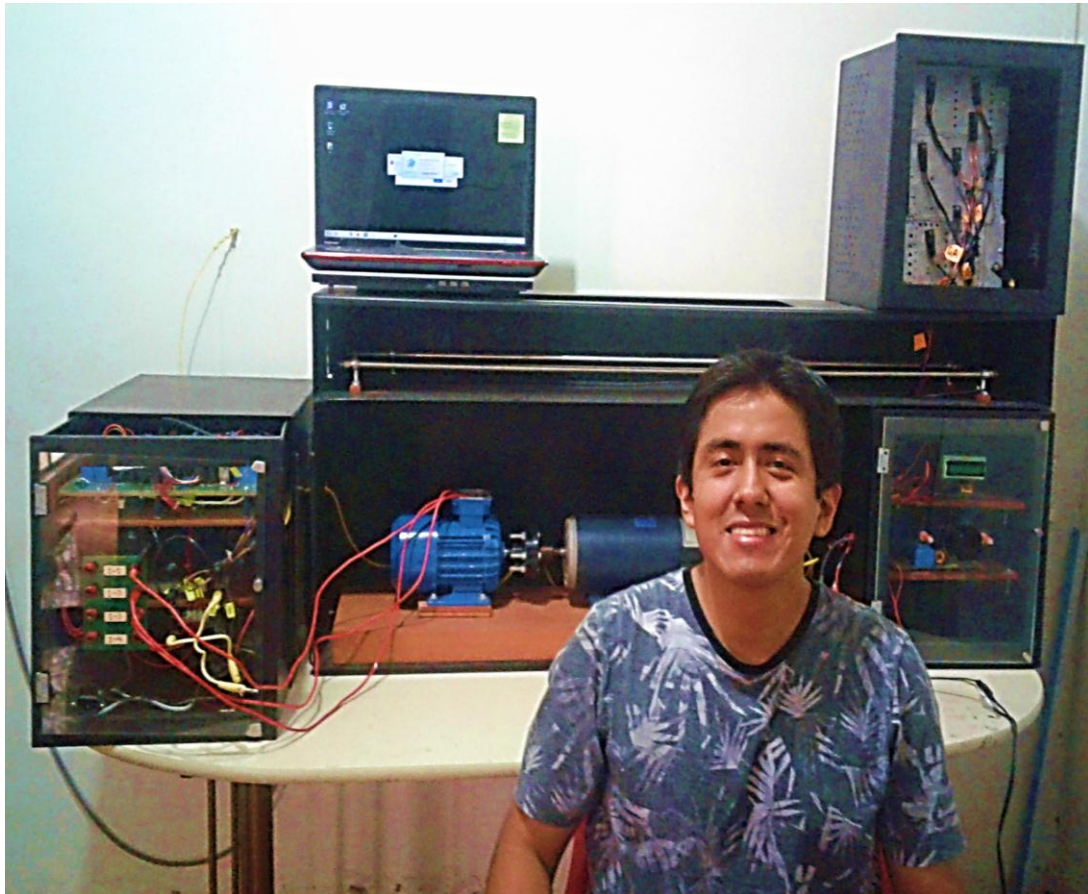






Este es la parte interna de los conectores para el ingreso de voltaje y corriente mediante el panel frontal en el cual van las resistencias shunt.





TOMA FINAL DEL UTILITARIO DE ADQUISICIÓN DE DATOS PARA MOTORES ELÉCTRICOS.

UNPRG 2016-2018

**FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

DAVID MIGUEL HERRERA TENORIO

**PROGRAMADOR EN SISTEMAS DE CONTROL INDUSTRIAL
Y SISTEMAS ELECTRONICOS DE POTENCIA**

**David1991_05@hotmail.com
atmegaht@gmail.com**

#941910046

PERÚ-LAMBAYEQUE 2018